édition 2006, revue et augmentée

# ONTOGÉNÈSE CRANIOGRAPHIQUE VESTIBULAIRE

## *ANALYSE MORPHOMÉTRIQUE POSITIONNELLE*

Raphaël FENART

Dr. Méd., Dr. es Sc., Dir. hon. de Rech. CNRS, Dir. Labo. de craniologie Fac. L. Méd. Lille.
7 rue A. Delecourt - 59130 Lambersart - 03 20 92 13 83

# Preface to Pr Fénart's book : vestibular craniographic ontogenesis.

In 1977 at was in Nantes, France, attending a Pr Jean DELAIRE symposium whom topic was "cranio facial development". It was then that I hear for the first time about Pr Fénart's works. I was ashamed since we were from the same city of Lille but I was in the public university of medicine while his C.N.R.S. laboratory of craniology was in the private catholic university and we did not used to cooperate...

At that time, I was involved in a retrospective study of the cases of craniosynostosis from the Lille's department of neurosurgery trying to analyze the consequences for the face of cranial deformation. I had tried every of the usual cephalometric analysis including Jean Delair's one and found that since all of them use the skull bas as referent landmarks they was inapplicable.

I met Pr Fénart and showed him an adult dry skull with a cloverleaf skull, he performed a dissection of the lateral semi circular canal and the skull could be orientated according to the vestibular plane then we found that all the relationship such as the sinus between visual plane and vestibular plane or occlusal plane to vestibular plane were preserved as well as most of the relationship preserved across phylogenesis and ontogenesis according to the many studies performed on dry skull in the C.NR.S. laboratory of craniology.

Unfortunately vestibular orientation (V.O.) required direct dissection of the lateral semi circular canal (L.S.C.) and was not applicable in vivo.

Tremendous progress in medical imaging led to a sufficient spatial resolution in C.T. scan from 1993 to allow doing V.O. . First only the radiologists could do that but availability of P.C. and dicom reading softwares have allowed any one to perform V.O. by themself around 2000. So nowadays V.O. could be a routinely procedure in departments of craniofacial surgery.

So this book that Pr Fénart wrote on my requirement could be considered as the "good book" of a very useful procedure for analysis of craniofacial malformations, pre-surgical planning and post-surgical follow up.

Pr Philippe PELLERIN

TABLE DES MATIÈRES

# sommaire

du Fascicule 1

# Avant propos

En 1931, Augier écrivait, dans le Traité d'Anatomie de Poirier, que le plan d'orientation proposé par Girard et Perez, passant par les canaux semi-circulaires externes, était "intéressant mais impratique". Au cours des années écoulées depuis, il s'est avéré que cette orientation "vestibulaire" avait conforté son qualificatif "d'intéressante", par les nombreux travaux qu'elle a engendrés, et était devenue facilement praticable grâce aux progrès de la technique radiologique.

C'est en réponse à l'attente d'utilisateurs de cette méthode d'analyse de la tête, que ce travail a été entrepris.

Il ne s'agit pas d'un ouvrage d'Anatomie, à proprement parler, telle qu'on la conçoit habituellement (celle-ci étant supposée connue, au départ !), mais plutôt d'une base de travail apportant une façon différente d'aborder la constitution céphalique cranio-faciale, dans son ensemble et dans chacun de ses constituants. Cette anatomie *positionnelle et orientée* repose sur la mise en place, par leurs coordonnées, de *points craniométriques* dans un système de 3 axes orthogonaux, suivie d'un "habillage" de la trame ainsi obtenue, aboutissant à la structure recherchée. La notion de *position* précède donc celles de *forme* et de *taille*. Le mathématicien précède le dessinateur, lequel ne peut qu'être anatomiste, pour restituer les formes en respectant la position des éléments dans un référentiel. Cela est d'autant plus vrai que l'un des caractères du travail est d'être basé sur les résultats *statistiques* obtenus préalablement par des collaborateurs (Cousin-1969, Ramelot-1980...) qui ont recherché, point par point, la situation *moyenne* et la *variation* de tous les éléments sur lesquels repose cette étude, et ceci, pour les divers stades ontogéniques que nous allons présenter.

Certains diront, avec raison, que l'homme moyen (d'un âge donné) n'existe pas, parcequ'il en diffère toujours, ici ou là, par un paramètre soumis à variation. Cela n'enlève rien à l'intérêt qu'il convient de porter à la considération d'un "type moyen" (pour une tranche d'âge définie, d'origine ethnique connue et, si possible, de sexe donné) car la notion même de variabilité ne peut se concevoir ni s'expliciter en dehors de celle de moyenne. En effet, la définition mathématique de la *variance* fait intervenir la somme des carrés des écarts à la *moyenne* (SCE), et la *corrélation* celle du produit des écarts aux *moyennes* (SPE). Le type moyen, support de la "normalité", est donc indispensable à connaître pour bien juger de la *forme* et de la *position* des éléments squelettiques d'un sujet jugé aberrant. Le caractère erratique de ce dernier est d'ailleurs quantifiable dans le référentiel adopté, au moyen de divers procédés statistiques (écart-type, taux d'éloignement, analyse discriminante, analyse factorielle des correspondances...).

La comparaison des résultats iconographiques réalisés sur les tranches d'âges croissants amène l'intervention d'une quatrième dimension : le temps. Dans un système d'axes unique et commun à tous les âges, il devient possible de superposer directement les crânes *in toto* ou leurs organites constitutifs dont on veut étudier la croissance. Nous apportons le moyen de le faire non seulement en projection sagittale, comme c'est le cas habituellement, mais encore en d'autres incidences spatiales.

En effet, chaque stade ontogénique retenu fait ici l'objet d'une représentation craniographique inspirée du procédé préconisé par Heuertz, en 1935, sur le crâne des Francs, et depuis, utilisé par nous en diverses circonstances (quelques Mammifères et Primates) : le ***craniogramme.***

Un craniogramme est une représentation orientée d'un crâne vu selon 6 incidences standardisées. A la différence de l'auteur précédent, notre orientation sera "vestibulaire" et les incidences princeps seront : latérale, médiane, antérieure, postérieure, supérieure et inférieure. Une correspondance exacte est respectée entre les figurations de toutes les incidences et pour tous les éléments quantifiables (au moins pour tous les points craniométriques positionnés par leurs coordonnées). D'autres dessins peuvent être réalisés, à titre complémentaire : vue supérieure de la base cranienne après section horizontale de la calotte, à une hauteur déterminée, section cranienne par le plan horizontal vestibulaire, section par le plan vertico-frontal vestibulaire.

Les 6 incidences sont utilisées pour représenter l'ensemble cranio-facial , isolé ou pourvu de sa mandibule, ou encore pour la mandibule seule, en position spatiale réelle dans

les axes (ce qu'on peut appeler un **mandibulogramme**). On y a ajouté, mais uniquement chez l'adulte, les 6 vues standard de chaque os du squelette céphalique, en situation orientée.

L'ensemble du travail a été exécuté *en grandeur naturelle* ; sur chaque planche, l'échelle et les axes sont indissociables de la région anatomique dessinée et sont spécifiques à la présente publication.

## les stades ontogéniques

Ils sont au nombre de 9. Leur âge moyen est donné ci-après, ainsi que la différence d'âge entre 2 stades successifs, ou avant le plus jeune (entre lui et le début de la mise en route du processus embryogénique). Ces différences (exprimées en années et décimales) seront utiles lorsqu'il faudra calculer les vitesses (exprimées en millimètres par an) de chaque point parcourant son trajet dans l'espace vestibulaire ou celle d'une augmentation de longueur d'un segment, en fonction du temps séparant 2 stades.

| stade | âge | intervalle |
|---|---|---|
| (O) | | |
| A | fætus 5m | (5m) = 0,416 ans |
| B | fætus 7m | 2m = 0,17ans |
| C | naiss. | 2m = 0,17ans |
| D1 | 8 mois ½ | 8½m = 0,7ans |
| D2 | 2 ans | 15½m = 1,3ans |
| E | 4 ans | 2 ans |
| F | 8 ans ½ | 4 ans ½ |
| G | 14 ans | 5 ans ½ |
| Ad | 65 ans | 51 ans |

Concernant l'adulte, précisons que l'étude a été menée sur un ensemble de pièces provenant de la salle de dissection, sujets assez "âgés" auxquels, tenant compte de la variabilité, on a attribué 65 ans. Nos recherches antérieures ont montré qu'un stade "adulte jeune" (environ 20 ans) avait des caractéristiques un peu différentes (Fenart 1995). En effet, à partir de celui-ci, l'ensemble facial et neurocranien antérieur subit une légère descente dans les axes, en plus d'une certaine réduction. Ce stade n'a pas pu être retenu dans ce travail, par suite de l'insuffisance de renseignements sur les éléments pairs (=latéraux) du squelette, et aussi parcequ'il introduit un crochet final dans les courbes ontogéniques orientées. Le lecteur pourra toujours, s'il le désire, consulter le travail se rapportant aux adultes jeunes (Salmon-1972). C'est dans cette même référence qu'est précisée la différenciation sexuelle, non négligeable à cet âge, mais dont nous n'avons pas pu tenir compte dans notre iconographie.

Enfin, précisons que la présente étude concerne des populations leucodermes. Il est possible de se faire une idée de la diversité ethnique du crâne, en orientation vestibulaire, en consultant les publications d'autres collaborateurs (notamment Cl.Pellerin-1983), mais se rapportant aux seuls adultes.

# l'orientation vestibulaire

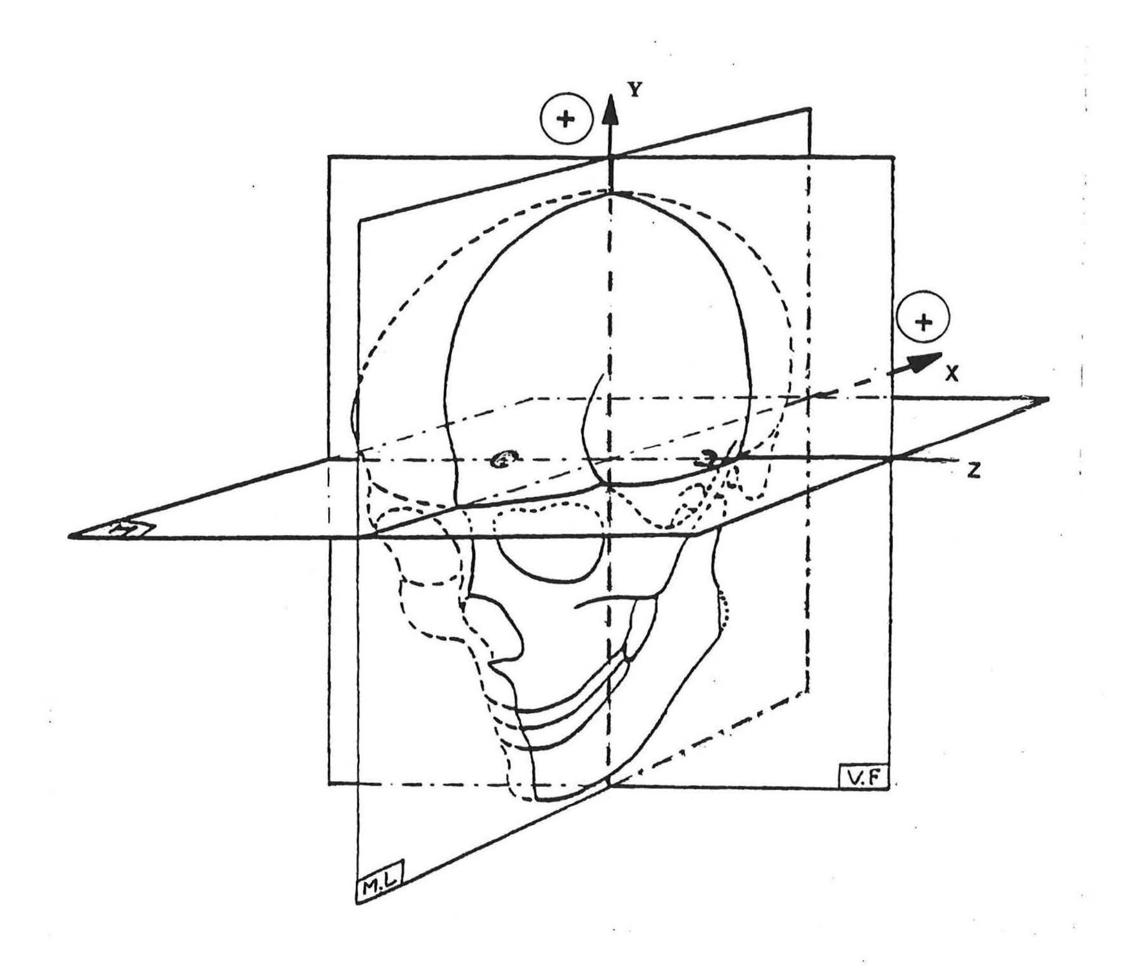
Elle doit être rappelée ici, succinctement, à cause des précisions qu'il faut apporter lorsqu'on passe à son application à l'espace à 3 dimensions.

Le but initial des anthropologues promoteurs de la méthode vestibulaire était de proposer un système d'orientation de la tête reposant sur des critères physiologiques et non plus sur bes bases conventionnelles (Munich 1877). Pourquoi ne pas utiliser comme horizontale anatomique celle qui est déterminée physiologiquement par les canaux horizontaux des labyrinthes des oreilles internes ? L'existence de ces canaux, chez tous les Vertébrés Gnathostomes, procure en outre un avantage exceptionnel lors des comparaisons inter-spécifiques. Les canaux horizontaux (ou externes) apparaissent, au cours de l'évolution, au même moment que les mâchoires, d'où les relations qui s'établissent entre la prise de nourriture et ce qui oriente la tête dans ce but.

Qui dit "horizontalité" sous-entend, par le fait même, la "verticalité". Celle impliquée par la méthode vestibulaire n'est autre que la direction de la pesanteur reliant tout être au centre de la terre conformément à la loi de la gravitation universelle, seul facteur extra-génétique qui soit demeuré inchangé durant l'évolution des espèces, ayant abouti à l'hominisation.

Outre son caractère d'universalité, l'orientation vestibulaire apporte à la craniologie ( et aussi à l'étude de tout autre constituant de la tête : encéphale, parties molles cutanées...) une grande précision en positionnant, dans un espace tridimensionnel, chacun des points que l'on considère, par 3 coordonnées rectangulaires, ce qui est à la base du présent travail.

Le centre du canal semi-circulaire est le *vestibion (interne)*. Le segment de droite unissant les deux vestibions internes (droit et gauche) est l'*axe vestibien (de Perez)*. Son importance est grande. Il sert d'axe rotatoire aux évolutions phylogéniques et ontogéniques d'éléments du postéro-crâne (=rétro-vestibulaire), aussi bien ceux éloignés de l'axe (comme l'inion) que ceux qui en sont très proches (comme la fenêtre ovale du labyrinthe). L'amplitude



de la rotation étant identique entre ces deux séries d'organites, il en résulte la confirmation de la validité de la référence *vestibulaire* adoptée. Le plan médiateur de l'axe de Perez (mené perpendiculairement à lui, en son milieu) a été nommé par nous : plan **médio-labyrinthique** . C'est par rapport à lui que peut être analysée une éventuelle dissymétrie de la tête; il peut être appelé "sagittal" ou "médian", dans le respect de l'homogénéité de la conception vestibulaire. Notons, au passage, que ce plan exclut toute autre référence de symétrie bilatérale (reposant sur des éléments impairs du crâne ou de l'encéphale). Le plan médio-labyrinthique, bien que d'origine neurocranienne, doit être utilisé pour l'ensemble céphalique, y compris le splanchnocrâne, et il ne doit pas être regardé comme un plan *d'énantiomorphie*, reposant sur des considérations beaucoup plus vagues (présence de 2 organes analogues, un de chaque côté du corps).

L'estimation exacte d'une symétrie bilatérale, au niveau de la tête, nécessite donc des processus sophistiqués (loins du "plan courbe" engendré par le tracé approximatif, à la main, d'une ligne, au crayon dermographique !). Mais la vérité est à ce prix. D'ailleurs, ces moyens existent maintenant; il faut y recourir.

De la notion d'*axe* vestibien, transverse, et de *plan* sagittal, il faut passer à celle de *plans* vestibulaires dans les 2 autres dimensions de l'espace. En menant, par un vestibion (interne), un plan parallèle au plan médio-labyrinthique, la boucle du canal semi-circulaire correspondant est sectionnée en 2 points. La direction qu'ils déterminent est l'*horizontale vestibulaire*. Il a pu être constaté que les directions droite et gauche, projetées sur le plan médio-labyrinthique, coïncident; elles déterminent donc le plan **vestibulaire horizontal**. Le plan de chacun des canaux semi-circulaires externes se trouve aussi dans celui-ci (par absence de "bascule latérale" de ces canaux).

Un troisième plan complète la définition de la tridimensionnalité; il est nommé plan **vestibulaire vertico-frontal**. Perpendiculaire aux 2 autres, et comme le plan horizontal, il contient l'axe vestibien et donc les vestibions droit et gauche (internes, mais aussi externes, tels qu'ils seront définis plus loin).

Nous avons maintenant la possibilité d'étudier la tête dans son ensemble, et sur 3 *projections* : sagittale, horizontale et vertico-frontale. Les intersections des 3 plans se font sur les 3 *axes* vestibulaires : horizontal, vertical et transverse, se coupant au point "central", point 0 des coordonnées. Le sens adopté pour l'orientation positive des axes, et le signe des coordonnées qu'on y détermine sont précisés plus loin.

Il ne nous apparait pas utile de détailler ici les modes opératoires permettant l'orientation vestibulaire, et qui ont évolué en fonction des moyens techniques disponibles. D'abord réalisée par dissection ( par voies interne ou externe, pour des applications anthropologiques théoriques),' d'un côté (le gauche) puis des deux côtés, l'orientation s'est faite, tant sur crânes secs que sur le vivant, par tomographie linéaire des oreilles, puis par scanographie, avec perspective d'emploi de RMN. Insistons cependant sur 2 principes généraux.

Tout d'abord, pour faire passer un objet tridimensionnel, d'un endroit donné de l'espace lui même tridimensionnel, à un autre endroit permettant son analyse standardisée, il faut faire intervenir la somme de 3 translations et de 3 rotations. En second lieu, il est illusoire, pour obtenir une orientation correcte, de se contenter de l'image radiologique donnée par une section "horizontale" visualisant l'ensemble des 2 canaux semi-circulaires externes : droit et gauche; il faut obligatoirement effectuer des coupes parallèles au plan sagittal, et passant par les vestibions internes, à cause de l'imprécision résultant de l'épaisseur des coupes et celle, non négligeable, de la section des canaux.

Avant d'évoquer très succinctement diverses applications possibles de l'iconographie qui va suivre, rappelons que la position vestibulaire de la tête (chez l'Homme, mais aussi chez les animaux), n'est ni *moyenne*, ni *habituelle*, ni *normale*, ni *équilibrée* sur l'horizon ( pour reprendre des qualificatifs qui ont pu être employés par certains). Ella ne répond pas au regard *vers l'horizon*, ni à celui *dans un miroir*. La position **orthovestibulaire** est réalisée lorsque le sujet est en situation *d'alerte*. Les récepteurs sensoriels sont alors les plus sensibles aux stimuli externes.

# réalisation de l'iconographie

Ayant pris connaissance des principes de l'orientation vestibulaire, il est nécessaire d'apporter d'abord le maximum de précisions sur les points craniométriques qui serviront de base au canevas de nos craniogrammes, ainsi que sur les coordonnées vestibulaires rectangulaires employées systématiquement. Des tableaux seront ensuite proposés, donnant pour chacun des 9 stades ontogéniques, les valeurs moyennes des coordonnées, pour les points impairs, puis pour les points pairs. La possibilité d'utiliser d'autres types de coordonnées sera évoquée.

Les craniogrammes vestibulaires constituent l'essentiel de l'ouvrage; ce sont des "gabarits" pouvant servir de bases de comparaisons. Pour simplifier, les dessins se limitent à des hémicrânes (avec symétrie bilatérale admise). Le côté représenté est, à chaque fois, indiqué (D=droit, G=gauche); il en est de même pour l'incidence vestibulaire (SUP, INF, ANT, POST, LAT, MÉD) référencée à l'un des 3 plans de projection. Il en résulte qu'un même contour global est obtenu entre incidences : médiane et latérale, antérieure et postérieure, supérieure et inférieure. Pour l'incidence médiane, une précision doit être ajoutée: s'il s'agit d'un hémicrâne, D-MÉD signifie que le côté droit est vu par la section médiane (à partir de la gauche du sujet); s'il s'agit d'un os isolé, D-MÉD veut dire que l'os du côté droit est observé (à partir de la gauche du sujet) à travers le plan médian supposé transparent. Donc : lire d'abord le côté, puis l'incidence.

Sur les vues LAT et MÉD, les crânes regardent conventionnellement vers la gauche du dessin.

Sur les mandibulogrammes, les dessins SUP et INF ont l'avant de l'os dirigé à gauche du dessin, pour qu'il y ait correspondance avec les vues MÉD et LAT.

Pour certains stades, il a été précisé, sur la vue latérale, si les dents représentées étaient lactéales (l) ou permanentes (p).

Les points décelables, sur une incidence donnée, y ont été portés. Mais certains autres, non visibles, y ont été "projetés"; dans ce cas, ils sont entourés d'une couronne de pointillés.

La référence des points (en abrégé de 4 lettres au maximum) n'a été précisée que pour les stades D2 et Ad. Afin d'éviter l'encombrement des figures par des traits de report, le nom du point est écrit en face de sa position réelle, sur l'une des 2 parallèles aux 2 axes de référence considérés. (le déplacement vertical ou horizontal d'une réglette peut être utile, et en cas de doute, pour des points voisins, se reporter aux tableaux des coordonnées).

Lorsqu'il s'agit d'un point non visible sur une incidence donnée, la référence est mise entre parenthèses, et si plusieurs points possèdent la même coordonnée leurs abréviations sont séparées par un / .

Faisant suite à l'ensemble des craniogrammes, les **trajets** décrits par les points, dans l'espace (points pairs) ou dans le plan sagittal (points impairs) ont été dessinés, ce qui a parfois nécessité un léger "lissage" de ces courbes. Pour quelques points latéraux, les 3 projections (sagittale, horizontale et vertico-frontale) ont été groupées afin de montrer leur correspondance (explicitée par l'exemple du point so). Les courbes parcourues par les autres points latéraux ont été regroupées sur 3 planches se rapportant, chacune, à l'une des 3 projections vestibulaires. Les trajets des points impairs sont groupés sur 2 planches. Sur chacune des courbes parcourues, la position des 9 stades est précisée.

# les points

Ils ont été choisis en fonction de leur capacité à situer dans l'espace tridimensionnel, jalonné par les plans "vestibulaires", les éléments osseux faisant partie des diverses régions du squelette céphalique, en tenant compte du degré de précision de leur définition et de leur mode de repérage, pas toujours commodes!

55 points pairs (donc latéraux, codés 2 dans les listes qui suivent) et 32 points impairs (dits "sagittaux", codés 1) ont finalement été retenus; soit un total de 87 points que nous positionnerons dans notre iconographie, sur hémi-crânes. (si l'on voulait considérer la tête bilatéralement, le total serait porté à 142 points).

Parmi les 87 points, certains nécessitent, pour leur définition, une orientation vestibulaire préalable (points sur les axes d'orientation, ou points pourvus de qualificatifs tels que "supérieur", "inférieur"..., donc fonction du système employé), alors que d'autres en sont indépendants. Le code V a été utilisé pour les premiers, au nombre de 12, et le code N pour les seconds, au nombre de 75.

13 points sont mandibulaires (M) et 74 autres appartiennent au reste du squelette céphalique : 22 à la voûte cranienne (U), 24 à la face (F) et 28 à la base du crâne (B).

75 points ont une définition suffisamment précise pour que leur position soit apportée par des "coordonnées vestibulaires" rectangulaires, au nombre de : 1 (pour 5 points sur les axes), 2 (pour 29 points dans un plan) ou 3 (pour 41 points de l'espace céphalique). Quant aux 12 autres, plus difficiles à situer avec certitude (fente sphénoïdale, trous déchirés...), les coordonnées qui seront proposées sont moins fiables (code A).

La manière dont les points sont définis les range en plusieurs catégories : points "marqués" par une particularité osseuse locale (58), ou points "non marqués" et nécessitant une construction (29). Dans la première catégorie, 12 points sont à l'extrêmité d'une pointe, d'une éminence ou d'un angle sortant (code P), 24 sont à la rencontre de sutures (S), 17 sont au centre d'une formation circulaire ou elliptique, ou d'un trou (T), et 5 répondent à une concavité ou à une convexité localement limitée (X). Les 29 autres points peuvent être définis : 5 par l'intersection de droites (I), 21 par un point de tangence (G) avec une parallèle à une direction déjà connue, et 3 par une construction (C) plus complexe.

Etant donné que nos documents se rapportent à des stades d'âges croissants, plusieurs définitions s'appliquent essentiellement à certains d'entre eux (surtout à l'adulte) et ne sont pas très représentatives pour d'autres stades (apparition de la glabelle, de l'inion, de la mastoïde, présence de fontanelles, convexité pouvant devenir concavité...). La position de tels points a été extrapolée en fonction des rapports de ceux-ci relativement à leur environnement, en comparaison avec ce qui s'observe dans les stades les plus proches. Les trajets ontogéniques des points, dans les axes d'orientation, peuvent également aider à leur positionnement, dans les cas les plus difficiles.

Comme cela peut être perçu à la lecture de ce qui précède, la définition des points n'est pas toujours commode. Nous allons apporter *la nôtre* en essayant d'être le plus exact possible et de respecter au maximum les notions "classiques". Mais, dans certains cas, notre définition peut différer plus ou moins de ce qu'on admet généralement, surtout lorsqu'il s'agit d'apporter plus de précision, voire de simplification et d'homogénéité.

Chaque point possède ici son abréviation, en 4 lettres au maximum, afin de permettre leur repérage dans les figures qui les comportent. Les lettres évoquant l'abréviation sont en caractères gras dans la définition. Après celle-ci, appuyée éventuellement par son mode de construction, les 5 codes proposés plus haut seront apportés.

---

A point **A** de Downs, au fond de la concavité du profil facial, entre l'épine nasale antérieure (ena) et le prosthion (pr). Nous le déterminons par une tangente menée parallèlement à ena-pr.

/ 1 / N / F / 2 / G /

ac acrion ou acro-vestibion, point où l'axe vertical vestibulaire perce la voûte exocranienne.
/ 1 / V / U / 1 / I /

ae point inféro-postérieur de l'aile externe de l'apophyse ptérygoïde
/ 2 / N / F / 3 / P /

ai extrémité du crochet de l'aile interne de l'apophyse ptérygoïde
/ 2 / N / F / 3 / P /

ant point le plus antérieur du frontal, en orientation vestibulaire. Il est obtenu par une tangente verticale
/ 1 / V / U / 2 / G /

ast astérion (exocranien), à la rencontre suturale pariéto-pétro-occipitale
/ 2 / N / U / 3 / S /

asti astérion interne ( = endocranien)
/ 2 / N / U / A / S /

B point B de Downs, au fond de la concavité antérieure de la symphyse mentonnière, entre l'infra-dental (id) et le pogonion (pog). Nous le déterminons par une tangente menée parallèlement à id-pog. (dans les stades fœtaux, la concavité peut s'inverser).
/ 1 / N / M / 2 / G /

ba basion. extrémité antérieure et médiane du trou occipital
/ 1 / N / B / 2 / P /

br bregma (exocranien), à la rencontre des sutures coronale et interpariétale. Sur les stades jeunes, avec fontanelle bregmatique, le point est pris dans le prolongement de la portion engrenée de la suture fronto-pariétale
/ 1 / N / U / 2 / S /

bri bregma interne ( = endocranien)
/ 1 / N / U / 2 / S /

car centre de l'orifice d'entrée du canal carotidien, dans le rocher
/ 2 / N / B / 3 / T /

ce point le plus externe du condyle mandibulaire
/ 2 / N / M / 3 / G /

ci point le plus interne du condyle mandibulaire
/ 2 / N / M / 3 / G /

cm point condylien mandibulaire moyen . Il est déterminé, sur la surface articulaire, par une tangente parallèle au plan horizontal vestibulaire
/ 2 / V / M / 3 / G /

coe point externe du condyle occipital , à l'extrémité postéro-latérale du grand axe du condyle, en vue inférieure, à la limite entre la zone articulaire et le reste de l'os.
/ 2 / N / B / 3 / X /

coi point le plus inférieur du bord foraminien du condyle occipital, en orientation vestibulaire. Sur les stades jeunes, il répond à la suture entre le basi- et l'ex-occipital
/ 2 / V / B / 3 / G /

cor extrémité de l'apophyse coronoïde de la mandibule.
/ 2 / N / M / 3 / P /

cpp point milieu du débouché du canal palatin postérieur, sur la vôute palatine.
/ 2 / N / F / 3 / T /

cra point criblé antérieur. Projection sagittale du point le plus antérieur du crible ethmoïdal. (bien que pairs, les points criblés antérieur et postérieur ont ici été assimilés aux points impairs à cause de leur situation proche du plan sagittal).
/ 1 / N / B / 2 / S /

crp point criblé postérieur. (cf. remarque précédente). Sagittalement, son niveau est assimilable à l'épine ethmoïdale du sphénoïde.
/ 1 / N / B / 2 / S /

ei endinion = inion interne; point assez imprécis, centre du "torcular" (ou "pressoir d'Hérophile", ou protubérance occipitale interne); c'est la rencontre des sinus veineux longitudinaux et transverses (modalité variable).
/ 1 / N / U / 2 / X /

ena épine nasale antérieure
/ 1 / N / F / 2 / P /

eu euryon. point le plus latéral de la paroi neurocranienne, où qu'il se trouve (sur le pariétal ou sur le temporal)
/ 2 / N / U / 3 / G /

fsh fente sphénoïdale. point imprécis, au centre de la partie interne, large, de la fente sphénoïdale.
/ 2 / N / B / A / T /

fzp point le plus postérieur de la fosse zygomatique, il est déterminé, en vue inférieure, par une tangente transversale, au bord antérieur, courbe, de la racine temporale du zygoma.
/ 2 / N / F / 3 / G /

gl glabelle. relief médian du torus frontal. Il est peu marqué avant le stade adulte. Mais quel que soit le degré de développement du torus, le point se définit par le contact antérieur du pied à coulisse lors de la prise de la longueur maximum classique (gl-opc) du neurocrâne.
/ 1 / N / U / 2 / G /

go gonion. à l'angle mandibulaire. Quelle que soit la forme de l'os, il est toujours possible de le déterminer avec précision à l'aide d'une tangente menée parallèlement à la direction si-cm.
/ 2 / N / M / 3 / G /

gr centre du trou grand rond, sur le sphénoïde
/ 2 / N / B / 3 / T /

hoi section sagittale de la suture sphéno-occipitale basilaire du côté interne (=endocranien) quand elle est décelable.
/ 1 / N / B / 2 / S /

c'est le sphéno-basion de Papillault.

hoe idem. à hoi, mais du côté exocranien
/ 1 / N / B / 2 / S /

I Inion , centre de la base de la protubérance occipitale externe, à la rencontre des 2 lignes courbes nuchales supérieures. Il est à la limite des parties de l'os, d'origine cartilagineuse ( en dessous de lui) et membraneuse (au-dessus).
/ 1 / N / U / 2 / P /

id infra dental situé à la partie la plus antéro-supérieure de la cloison inter-alvéolaire des incisives centrales mandibulaires. C'est le correspondant du prosthion du maxillaire.
/ 1 / N / M / 2 / P /

J point exocranien le plus externe de la suture pétro-occipitale, au niveau de la facette jugulaire temporale s'articulant avec le processus jugulaire de l'occipital.
/ 2 / N / B / 3 / S /

L lambda (exocranien), à la rencontre des sutures : interpariétale et occipito-pariétales (= lambdoïdes)
/ 1 / N / U / 2 / S /

Li Lambda interne ( = endocranien)
/ 1 / N / U / 2 / S /

mac point où la largeur est maximale, au niveau du rebord alvéolaire de l'arcade dentaire maxillaire.
/ 2 / N / F / 3 / G /

mas point à l'extrémité de l'apophyse mastoïde (quand son degré de développement permet sa mise en évidence).
/ 2 / N / B / 3 / P /

me centre de l'articulation entre marteau et enclume; point placé ici dans la catégorie mandibulaire à cause de l'origine de ses éléments constitutifs.
/ 2 / N / M / 3 / S /

mf médio-frontal ; point obtenu par l'intersection de la table frontale externe avec la bissectrice de l'angle de Klaatsch : br-ba / gl-L.
/ 1 / N / U / 2 / C /

mi maxillo-incisif, sur le rebord alvéolaire maxillaire, entre la canine et l'incisive latérale, (là où se trouve la suture maxillo-prémaxillaire des Anthropoïdes).
/ 2 / N / F / 3 / S /

mmi point maxillo-malaire inférieur, en bas de la suture unissant le malaire à la face antérieure de l'apophyse pyramidale du maxillaire.
/ 2 / N / F / 3 / S /

na nasion , point sagittal de la suture fronto-nasale.
/ 1 / N / F / 2 / S /

nae narinaire externe, point de l'os maxillaire, le plus latéral, sur l'échancrure nasale.
/ 2 / N / F / 3 / G /

nm naso-maxillaire inférieur, en bas de la suture unissant l'os nasal à l'apophyse montante du maxillaire.
/ 2 / N / F / 3 / S /

points orbitaires : externe (oex), interne (oit), moyen (om), inférieur (oif) et supérieur (os)

- oex, là où la suture fronto-malaire croise le rebord orbitaire, ( point encore appelé fronto-malaire interne ou fronto-malaire orbitaire).
  / 2 / N / F / 3 / S /

- oit , ( ou "dacryon") , rencontre de la suture entre l'unguis et l'apophyse montante du maxillaire, avec le frontal.
  / 2 / N / F / 3 / S /

- oif , point inférieur de l'ouverture antérieure de l'orbite, en orientation vestibulaire et en vue latérale.
  / 2 / V / F / 3 / G /

- om , centre de l'ouverture antérieure de l'orbite, en vue latérale. Transversalement, sa coordonnée (z) sera considérée comme identique à celle de oif.
  / 2 / N / F / 3 / T /

- os , il est pris symétriquement à oif par rapport au point om. Les points : oif, om et os sont donc considérés , pour simplifier, comme étant dans un même plan vertical, parasagittal (avec le même z), pas forcément perpendiculaire au diamètre de largeur orbitaire (diamètre transverse oex - oit). Le diamètre vertical ne coupe pas exactement le diamètre transverse en son milieu, mais en demeure très proche à tous les stades ontogéniques.
  / 2 / N / F / 3 / C /

op opisthion , point postérieur du trou occipital
/ 1 / N / B / 2 / P /

opc opisthocranion , point de la voûte neurocranienne, le plus éloigné de la glabelle, lorsqu'on recherche la longueur maximale classique (non orientée).
/ 1 / N / U / 2 / G /

ov centre du trou ovale, pris à mi-épaisseur de l'os.
/ 2 / N / B / 3 / T /

pai point postérieur de l'arcade dentaire inférieure. Il est un peu en dehors de la dernière molaire ayant fait éruption, et se trouve sur la ligne oblique externe mandibulaire, là où elle est coupée par le plan alvéolaire mandibulaire, en vue latérale. Sa détermination peut aussi utiliser une tangente parallèle à cm-si.
/ 2 / N / M / 3 / G /

per centre du trou petit rond, pris à mi-épaisseur de l'os.
/ 2 / N / B / A / T /

pog pogonion, point de la symphyse mentonnière le plus saillant vers l'avant, lorsqu'on utilise une tangente à id-si.
/ 1 / N / M / 2 / G /

pie point incisural externe (= exocranien), au fond de l'incisure pariétale du temporal.
/ 2 / N / U / 3 / S /

pii idem à pie, sur l'endocrâne

/ 2 / N / U / A / S /

po porion , point le plus élevé (en orientation vestibulaire) du conduit auditif externe, en vue latérale. Transversalement, et en vue inférieure, il est situé, sur le squamosal, au niveau latéral de l'endroit le plus externe du tracé (complété) de la boucle formée par le débouché de l'orifice latéral du tympanal.

/ 2 / V / B / 3 / G /

post point le plus postérieur du neurocrâne, déterminé par une verticale vestibulaire.

/ 1 / V / U / 2 / G /

pp point palatin postérieur, extrémité postérieure de la voûte palatine, prise (à la manière de Broca) à la pointe de l'épine nasale postérieure ( donc un peu plus en arrière que le staphylion classique, répondant à la base de cette épine, projection sagittale des bords latéraux, incurvés, des lames horizontales du palatin).

/ 1 / N / F / 2 / P /

pr prosthion, point le plus antérieur et inférieur de la cloison interalvéolaire des incisives centrales maxillaires.

/ 1 / N / F / 2 / P /

pt ptérion (exocranien), au milieu de la suture sphéno-pariétale (ou, parfois, fronto-temporale)

/ 2 / N / U / 3 / S /

pti ptérion interne (=endocranien)

/ 2 / N / U / A / S /

pv pré-vestibion , point où le profil frontal est "percé" par l'horizontale vestibulaire.

/ 1 / V / U / 1 / I /

py point ptérygo-alvéolaire. En projection sagittale, il est à l'intersection de la direction générale du bord alvéolaire maxillaire, avec la droite ptérygo-maxillaire (suture ptérygo-maxillaire et axe de la fente du même nom). Transversalement, il est au même niveau latéral que le milieu de l'implantation de la dernière molaire sortie (ou de la tubérosité maxillaire dans les stades les plus jeunes).

/ 2 / N / F / 3 / I /

rh rhinion , extrémité inférieure et antérieure de l'os nasal, dans le plan sagittal.

/ 1 / N / F / 2 / P /

rv rétro-vestibion, point où l'occipital est "percé" par l'horizontale vestibulaire, dans le plan sagittal.

/ 1 / V / U / 1 / I /

S point central de la Selle turcique. Sur une vue médiane, c'est le centre de l'ellipse qu'on peut adapter à la selle turcique, supposée complétée en haut.

/ 1 / N / B / 2 / X /

(N.B. - ne pas confondre ce point "sellaire" avec le "sellion" point cutané, au fond de la concavité nommée "l'ensellure" nasale, du profil, en face du point na)

si symphysaire inférieur, point où le bord postérieur de la symphyse mentonnière se sépare du bord inférieur mandibulaire.

/ 1 / N / M / 2 / X /

ce point est proche du gnathion, non retenu ici, et qui est le point le plus bas de la symphyse, selon l'orientation qu'on adopte.

so centre du trou sous orbitaire
/ 2 / N / F / 3 / T /

sp spinion (exocranien), contact sphéno-pétro-squamosal, sur l'épine de la grande aile du sphénoïde
/ 2 / N / B / 3 / S /

spi spinion interne (=endocranien), mêmes contacts que sur l'exocrâne.
/ 2 / N / B / A / S /

spx point situé sur la partie basse du bord, concave, de l'orifice du canal mandibulaire, derrière l'épine de spix.
/ 2 / N / M / 3 / X /

tda trou déchiré antérieur, point assez imprécis, au centre de cet orifice irrégulier
/ 2 / N / B / A / T /

tdp trou déchiré postérieur, au centre de sa partie élargie postéro-externe (veineuse).
/ 2 / N / B / A / T /

tm trou mentonnier , au centre de cet orifice sur la mandibule.
/ 2 / N / M / 3 / T /

top trou optique, au centre de l'orifice endocranien du canal optique.
/ 2 / N / B / 3 / T /

ve vestibion externe, point où l'axe de Perez (unissant les vestibions internes droit et gauche) "perce" la paroi cranienne latérale, au niveau du squamosal. Ce point, le pré-vestibion et le rétro-vestibion sont dans le plan horizontal vestibulaire.
/ 2 / V / B / 1 / I /

vi vestibion interne , centre de la boucle décrite par le canal semi-circulaire horizontal (ou "externe" ou "latéral") du labyrinthe, supposée complétée en dedans.
/ 2 / V / B / 1 / T /

vx vertex vestibulaire, point le plus élevé de la voûte cranienne, en orientation vestibulaire. (il est généralement différent de l'acrion).
/ 1 / V / U / 2 / G /

za point zygomatique antérieur , centre d'un triangle dont 2 sommets sont oif et mmi . Le troisième (le point "jugal", non retenu ici par ses coordonnées) est obtenu par une tangente parallèle à oif-mmi, menée sur la concavité postéro-latérale du bord du malaire participant à celui (supérieur) de l'arcade zygomatique.
/ 2 / N / F / 3 / C /

zm zygomatique maximum, point le plus latéral de la face externe de cette arcade. Il est "généralement" au-dessus de l'extrémité postérieure de la suture temporo-malaire, à mi-hauteur de l'os.
/ 2 / N / F / 3 / G /
(la direction za-zm est une bonne estimation de celle de l'arcade zygomatique)

VII centre du trou stylo-mastoïdien, sortie pétreuse du facial (7 ème paire)
/ 2 / N / B / A / T /

VIII centre du débouché endocranien du conduit auditif interne (8 ème paire, mais aussi pour l'entrée pétreuse du facial).
/ 2 / N / B / A / T /

XII canal condylien de l'hypoglosse (12 ème paire), représenté par 2 points, centres de ses extrémités:

- antérieure (ou exocranienne) / 2 / N / B / A / T /
- et postérieure (ou endocranienne) / 2 / N / B / A / T /

# les coordonnées rectangulaires

Chaque point de l'espace est ici positionné par ses 3 coordonnées rectangulaires vestibulaires : x, y et z, correspondant aux 3 axes, respectivement : horizontal, vertical et transverse qui se rencontrent au point zéro. Les coordonnées sont comptées positivement (flèche sur les axes, dans notre iconographie) vers l'arrière (pour les x) et vers le haut de la tête (pour les y), et négativement en sens contraire. Quant à l'axe transverse, nous ne lui avons affecté aucune direction privilégiée puisqu'une symétrie bilatérale a été supposée réalisée sur tous nos types moyens. Sur chaque axe, les valeurs des coordonnées sont comptées à partir du zéro, et l'unité est le millimètre.

Le détail des valeurs moyennes est apporté dans les tableaux qui suivent.

La mise en place des points est alors possible. Un exemple de cette première démarche du travail est figuré en vue latérale (projection sagittale) et en vue antérieure (projection vertico-frontale) pour le stade C, en grandeur naturelle, comme ce sera le cas pour l'ensemble de nos illustrations. C'est à partir de là que sera élaborée toute l'iconographie de cet ouvrage.

# STADE

| | | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | x | -32 | -46 | -50 | -55 | -61 | -66 | -71 | -72 | -74 |
| | y | -20 | -26 | -28 | -32 | -38 | -46 | -53 | -55 | -71 |
| ant | x | -44 | -64 | -68 | -77 | -87 | -95 | -99 | -100 | -105 |
| | y | 12 | 21 | 24 | 28 | 29 | 28 | 26 | 25 | 16 |
| B | x | -27 | -39 | -41 | -43 | -47 | -51 | -54 | -55 | -57 |
| | y | -25 | -37 | -41 | -47 | -57 | -68 | -81 | -85 | -100 |
| ba | x | 2 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| | y | -5,5 | -7,5 | -9 | -10,5 | -12 | -14 | -16 | -18 | -23 |
| br | x | -29 | -42 | -47 | -52 | -56 | -57 | -57 | -57 | -57 |
| | y | 37 | 54 | 58 | 69 | 81 | 86 | 87 | 88 | 89 |
| bri | x | -29 | -42 | -47 | -52 | -56 | -56 | -56 | -56 | -56 |
| | y | 37 | 54 | 58 | 69 | 81 | 83 | 84 | 85 | 84 |
| cra | x | -34 | -50 | -51 | -59 | -65 | -71 | -73 | -74 | -79 |
| | y | -4,5 | -4 | -4 | -4 | -5 | -7 | -8 | -9 | -13 |
| crp | x | -25 | -35 | -36 | -42 | -46 | -48 | -52 | -54 | -57 |
| | y | -2 | -1,5 | -0,5 | -1 | -1 | -2 | -2 | -2 | -8 |
| ei | x | 24 | 34 | 41 | 48 | 55 | 56 | 57 | 58 | 64 |
| | y | 13 | 17,5 | 21 | 23 | 22 | 22 | 21 | 20 | 16 |
| ena | x | -34 | -47 | -52 | -58 | -65 | -70 | -74 | -76 | -79 |
| | y | -18 | -23 | -25 | -28 | -35 | -41 | -48 | -51 | -67 |
| gl | x | -40 | -57 | -59 | -67 | -76 | -85 | -90 | -92 | -100 |
| | y | 0,5 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | -9 |
| hoi | x | -7 | -9 | -9,5 | -10,5 | -11 | -11,5 | -13 | -14 | -17 |
| | y | -1 | 0 | 1 | 0,5 | 0 | -0,5 | -1 | -2 | -6 |
| hoe | x | -7 | -11 | -12 | -13,5 | -15 | -17 | -20 | -22 | -23 |
| | y | -5 | -6 | -7 | -8 | -8 | -9 | -13 | -15 | -17 |
| I | x | 25 | 37 | 43 | 52 | 59 | 62 | 63,5 | 64,5 | 72 |
| | y | 13 | 18 | 22 | 23 | 24 | 24 | 23 | 22 | 17 |
| id | x | -28 | -42 | -43 | -46 | -51 | -54 | -57 | -59 | -61 |
| | y | -23 | -34 | -35 | -42 | -52 | -63 | -75 | -78 | -94 |
| L | x | 22 | 30 | 34 | 40 | 46 | 47 | 49 | 50 | 53 |
| | y | 34 | 51 | 59 | 67 | 74 | 77 | 77,5 | 78 | 78 |
| Li | x | 22 | 30 | 34 | 39 | 45 | 46 | 47,5 | 49 | 53 |
| | y | 34 | 51 | 59 | 65 | 70 | 72 | 73 | 73 | 71 |
| mf | x | -41 | -60 | -66 | -74 | -84 | -90 | -92 | -93 | -94 |
| | y | 23 | 32 | 35 | 41 | 48 | 52 | 52 | 53 | 54 |
| na | x | -36 | -54 | -56 | -64 | -73 | -80 | -84 | -87 | -94 |
| | y | -4 | -4 | -4 | -4 | -6 | -6 | -11 | -11 | -16 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| op | x | 13,5 | 19 | 23 | 27 | 30 | 33 | 35 | 36 | 37 |
| | y | -1 | -1 | -2 | -3 | -6 | -8 | -9 | -11 | -16 |
| opc | x | 24,5 | 35 | 40 | 49 | 57 | 60 | 61 | 62 | 70 |
| | y | 25 | 43 | 49 | 53 | 56 | 56 | 58 | 60 | 54 |
| pog | x | -27 | -39 | -41 | -42 | -45 | -48 | -50 | -52 | -54 |
| | y | -27,5 | -37 | -42 | -51 | -62 | -75 | -87 | -94 | -115 |
| post | x | 27,5 | 37 | 45 | 54 | 63 | 66 | 67 | 69 | 74 |
| | y | 16,5 | 25 | 30 | 35 | 38 | 40 | 38 | 37 | 34 |
| pp | x | -18 | -26 | -27 | -32 | -33 | -35 | -36 | -35 | -34 |
| | y | -11 | -14 | -15 | -20 | -23,5 | -28 | -35 | -38 | -45 |
| pr | x | -30 | -45 | -48 | -52 | -58 | -62 | -66 | -68 | -69 |
| | y | -22 | -29 | -31 | -36 | -45 | -53 | -63 | -65 | -79 |
| rh | x | -38 | -55 | -59 | -65 | -75 | -81 | -88 | -90 | -98 |
| | y | -11 | -11 | -11 | -12 | -16 | -21 | -26 | -28 | -35 |
| S | x | -12 | -17 | -18 | -21 | -23,5 | -26 | -29 | -30 | -31 |
| | y | 0,5 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | -1 |
| si | x | -23 | -34 | -35 | -37 | -39 | -40 | -41 | -42 | -43 |
| | y | -27 | -40 | -43 | -51 | -64 | -75 | -88 | -94 | -115 |
| vx | x | -9 | -7 | -6 | -5 | -5 | -5 | -5 | -5 | -3 |
| | y | 46 | 68 | 76 | 88 | 99 | 105 | 106 | 106 | 106 |
| ac | y | 46 | 68 | 76 | 88 | 98 | 104 | 106 | 106 | 105 |
| pv | x | -39,5 | -55 | -59 | -66 | -75 | -85 | -88 | -93 | -101 |
| rv | x | 15 | 19 | 23 | 34 | 44 | 47 | 49 | 51 | 57 |

(suite du tableau précédent)

# coordonnées vestibulaires des points impairs

# STADE

| | | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ae | x | -11 | -18 | -19 | -21 | -22 | -23 | -23,5 | -23 | -22 |
| | y | -12 | -15 | -15,5 | -19 | -23 | -26 | -34 | -40 | -42 |
| | z | 11 | 16 | 17 | 20 | 22 | 24 | 25 | 26 | 27 |
| ai | x | -12 | -20 | -22 | -25 | -27 | -28 | -27,5 | -27 | -26 |
| | y | -14 | -17 | -18 | -22 | -28 | -32 | -38 | -42 | -49 |
| | z | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 | 15,5 | 17 |
| ast | x | 10 | 14 | 20 | 24 | 27 | 30 | 33 | 35 | 39 |
| | y | 10 | 11 | 12 | 14 | 16 | 17 | 17,5 | 18 | 19 |
| | z | 20 | 28 | 35 | 40 | 45 | 48 | 51 | 52 | 56 |
| car | x | -4 | -5 | -5 | -5 | -5,5 | -5,5 | -6 | -6 | -6 |
| | y | -5 | -7 | -9 | -10 | -11 | -12 | -13 | -14 | -15 |
| | z | 9,5 | 13 | 15 | 19 | 21 | 22 | 24 | 26 | 31 |
| ce | x | -9,5 | -13 | -13,5 | -13,5 | -14 | -16 | -17 | -15 | -15 |
| | y | -6 | -6 | -6 | -6,5 | -7 | -7,5 | -9 | -10 | -14 |
| | z | 19 | 26 | 34 | 37 | 40 | 42 | 48 | 52 | 56 |
| ci | x | -7 | -10 | -12 | -12,5 | -13 | -13,5 | -14 | -13 | -11 |
| | y | -5,5 | -6 | -8 | -9 | -10 | -10,5 | -12 | -13 | -17 |
| | z | 14 | 20 | 24,5 | 28 | 29 | 31 | 34 | 35 | 36 |
| cm | x | -7 | -11 | -12 | -12,2 | -12,5 | -13 | -13,5 | -13 | -12 |
| | y | -4 | -5 | -6 | -6,2 | -6,5 | -7 | -8 | -10 | -13,5 |
| | z | 16 | 23 | 29 | 33 | 37 | 39 | 43 | 46 | 50 |
| coe | x | 6 | 7 | 8,5 | 11 | 14 | 17 | 19 | 22 | 23 |
| | y | -2 | -3 | -4 | -5 | -8 | -10 | -13 | -15 | -19 |
| | z | 10 | 11,5 | 13 | 15,5 | 18 | 18,5 | 19 | 19,5 | 21 |
| coi | x | 5 | 5 | 6 | 6,5 | 7 | 9 | 11 | 12 | 15 |
| | y | -5 | -7 | -9 | -12 | -14 | -16 | -22 | -24 | -29 |
| | z | 5 | 7 | 8 | 9 | 10 | 10,5 | 11 | 12 | 13 |
| cor | x | -17 | -25 | -28 | -30 | -32 | -35 | -37,5 | -41 | -43,5 |
| | y | -8 | -9 | -10,5 | -11 | -12,5 | -14 | -18 | -22 | -29 |
| | z | 17 | 25 | 30 | 32 | 34 | 37 | 39 | 40 | 41 |
| cpp | x | -19 | -27 | -28 | -32 | -35 | -35 | -35 | -36 | -37 |
| | y | -14 | -17 | -18 | -22 | -27 | -32 | -38 | -40 | -49 |
| | z | 8 | 10 | 10,5 | 13 | 14 | 16 | 17 | 17 | 17 |
| eu | x | -5 | -5 | -5 | -5 | -5 | -6 | -7 | -6 | -4 |
| | y | 27 | 40 | 42 | 49 | 56 | 52 | 45 | 40 | 30 |
| | z | 32 | 44 | 46 | 55 | 61 | 63 | 66 | 68 | 71 |
| fzp | x | -12 | -18 | -20 | -21 | -22,5 | -23 | -24 | -24,5 | -25 |
| | y | -6 | -7 | -8 | -8,5 | -9 | -10 | -12 | -13 | -16 |
| | z | 19 | 27 | 30 | 33 | 36 | 40 | 47 | 49 | 53 |
| go | x | -8 | -13 | -13 | -12 | -10 | -8 | -3 | +1 | +5 |
| | y | -15 | -21 | -25 | -30 | -35 | -42 | -48 | -54 | -63 |
| | z | 16 | 20 | 24 | 28 | 31 | 36 | 40 | 43 | 47 |
| gr | x | -12 | -17 | -21 | -24 | -27 | -29 | -32 | -33 | -35 |
| | y | -3 | -5 | -7 | -7,5 | -8 | -9 | -10 | -10,5 | -11 |
| | z | 8 | 9 | 11 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 19 |
| J | x | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 5 | 6 | 6,5 | 7 |
| | y | -4 | -5,5 | -8 | -8,5 | -10 | -13 | -14 | -16 | -18 |
| | z | 13 | 18 | 21 | 27 | 31 | 34 | 37 | 39 | 41 |
| mac | x | -16 | -27 | -29 | -32 | -35 | -37 | -39 | -40 | -41 |
| | y | -14 | -17 | -19 | -24 | -29 | -35 | -43 | -46 | -59 |
| | z | 13 | 16,5 | 18 | 20 | 22 | 24,5 | 27 | 29 | 32 |
| mas | x | 4 | 6 | 8 | 9 | 10 | 11 | 11,5 | 12 | 12,5 |
| | y | -3 | -4 | -6 | -7,5 | -9 | -12 | -16 | -22 | -32 |
| | z | 19 | 23 | 26 | 33 | 39 | 42 | 50 | 56 | 58 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| me | x | -3,5 | -4 | -4,5 | -4,5 | -5 | -5 | -5,5 | -6 | -8 |
| | y | -4 | -3,5 | -3,5 | -3 | -3 | -3 | -3 | -2,5 | -2,5 |
| | z | 17 | 22 | 27 | 29 | 32 | 35 | 40 | 42 | 43 |
| mi | x | -28 | -41 | -45 | -48 | -53 | -57 | -62 | -63 | -64 |
| | y | -21 | -28 | -31 | -35 | -40 | -52 | -60 | -65 | -76 |
| | z | 5 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 12,5 | 14 |
| mmi | x | -20 | -30 | -34,5 | -39 | -43 | -45 | -48 | -51 | -56 |
| | y | -15 | -18 | -21 | -24 | -29 | -32 | -36 | -41 | -51 |
| | z | 19 | 23 | 27 | 30 | 33 | 35 | 37 | 38 | 40 |
| nae | x | -32 | -46 | -50 | -55 | -63 | -67 | -70 | -72 | -74 |
| | y | -17 | -20 | -21 | -25 | -30 | -35 | -42 | -44 | -62 |
| | z | 4 | 5 | 6 | 7 | 7,5 | 8 | 9,5 | 11 | 13 |
| nm | x | -36 | -52 | -57 | -63 | -72 | -78 | -84 | -85 | -88 |
| | y | -12 | -13 | -14 | -17 | -19 | -22 | -29 | -30 | -46 |
| | z | 2,5 | 4 | 4,5 | 5 | 5 | 5,5 | 6 | 7,5 | 9 |
| os | x | -33 | -48 | -53 | -58 | -69 | -72 | -76 | -80 | -88 |
| | y | 0 | 2,5 | 4 | 4 | 5 | 3 | 2 | 0 | -2 |
| | z | 13 | 16 | 18 | 20 | 22 | 25 | 27 | 29 | 31 |
| oex | x | -28 | -38 | -42 | -49 | -58,5 | -65 | -69 | -73 | -75 |
| | y | -3 | -3 | -2,5 | -2,5 | -3 | -4 | -6 | -8 | -13 |
| | z | 23 | 28 | 30 | 34 | 37 | 40 | 42,5 | 45 | 47 |
| oif | x | -27 | -41 | -43 | -50 | -58 | -60 | -65 | -68 | -73 |
| | y | -12 | -14 | -17 | -19 | -23 | -25 | -29 | -31 | -39 |
| | z | 13 | 16 | 18 | 20 | 22,5 | 25 | 27 | 29 | 31 |
| oit | x | -34 | -49 | -53 | -59 | -67 | -71 | -76 | -80 | -86 |
| | y | -4 | -5 | -6 | -7 | -9 | -10,5 | -12 | -13 | -17 |
| | z | 4,5 | 6 | 6,5 | 7 | 7,5 | 8,5 | 10 | 10,5 | 11 |
| om | x | -30 | -44 | -48 | -54 | -63 | -66 | -70 | -74 | -80 |
| | y | -5,5 | -6,5 | -7 | -7,5 | -9 | -11 | -13 | -15,5 | -20,5 |
| | z | 13 | 16 | 18 | 20 | 22,5 | 25 | 27 | 29 | 31 |
| ov | x | -8 | -12 | -14 | -17 | -18 | -20 | -21 | -22 | -24 |
| | y | -4 | -6 | -8 | -9 | -10 | -11 | -12 | -13 | -15 |
| | z | 10 | 13 | 17 | 18 | 19 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| pai | x | -16 | -26 | -28 | -29,5 | -31 | -32 | -33 | -32 | -28 |
| | y | -15 | -22 | -25 | -31 | -37 | -46 | -52 | -58 | -70 |
| | z | 15 | 21 | 23 | 25,5 | 28 | 30 | 34 | 35 | 39 |
| pie | x | 3 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 15 | 19 |
| | y | 6 | 7 | 8 | 9,5 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| | z | 26 | 35 | 40 | 44 | 51 | 55 | 57,5 | 60 | 64 |
| po | x | -4 | -4 | -4 | -4 | -5 | -5 | -5 | -5 | -5 |
| | y | -3 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -7 |
| | z | 16,5 | 23 | 29 | 34 | 38 | 41 | 47 | 51 | 56 |
| pt | x | -21 | -29 | -32 | -36 | -42 | -46 | -48 | -49 | -50 |
| | y | 4,5 | 7 | 7,5 | 9 | 12 | 13 | 14 | 15 | 17 |
| | z | 26 | 33 | 34 | 41 | 45 | 48 | 53 | 54 | 57 |
| py | x | -15 | -23 | -26 | -29 | -30 | -32 | -31 | -30,5 | -26 |
| | y | -13 | -16 | -18 | -21 | -26 | -32 | -40 | -43 | -54 |
| | z | 12 | 13 | 15 | 17 | 18 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| so | x | -28 | -40 | -45 | -50 | -55 | -59 | -64 | -66 | -68 |
| | y | -14 | -17 | -19 | -21 | -25 | -27 | -33 | -35 | -42 |
| | z | 9 | 12 | 13 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 26 |
| sp | x | -6,5 | -8,5 | -9 | -9,5 | -10 | -10,5 | -11 | -11 | -11 |
| | y | -5 | -7 | -8 | -9 | -10 | -12 | -13,5 | -15 | -17 |
| | z | 14 | 19 | 23 | 25 | 28 | 29 | 31 | 33 | 37 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| spx | x | -10 | -16 | -17 | -18 | -18 | -17 | -15 | -13 | -10 |
| | y | -12 | -17 | -20 | -22,5 | -26 | -32,5 | -40 | -43 | -45 |
| | z | 16 | 22 | 26 | 29 | 32 | 34,5 | 39 | 41 | 42 |
| tm | x | -23 | -34 | -35 | -36,5 | -38 | -41 | -43 | -44 | -47 |
| | y | -23 | -32 | -35 | -44 | -53 | -64 | -76 | -82 | -100 |
| | z | 9 | 12,5 | 13 | 14 | 15 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| top | x | -15,5 | -22 | -25 | -28 | -31 | -33 | -37 | -37,5 | -38 |
| | y | 1 | 2 | 3 | 3,5 | 3,5 | 4 | 4,5 | 4 | 3 |
| | z | 5 | 5,5 | 7 | 8 | 9 | 10 | 10,5 | 11 | 13 |
| za | x | -24 | -32 | -39 | -42 | -47 | -51 | -54 | -56 | -60 |
| | y | -11 | -13 | -16 | -18 | -21 | -25 | -28 | -31 | -39 |
| | z | 20 | 25 | 30 | 34 | 36 | 41 | 43 | 45 | 50 |
| zm | x | -15 | -22 | -24 | -27 | -29 | -32 | -33 | -35 | -36 |
| | y | -9 | -9 | -9 | -10 | -11 | -13 | -15 | -18 | -21 |
| | z | 25 | 30 | 35 | 40 | 43 | 47 | 52 | 57 | 63 |
| vi | z | 14 | 19 | 23 | 27 | 30 | 32 | 35 | 38 | 41 |
| ve | z | 20 | 28 | 35 | 40 | 43 | 47 | 53 | 58 | 62 |

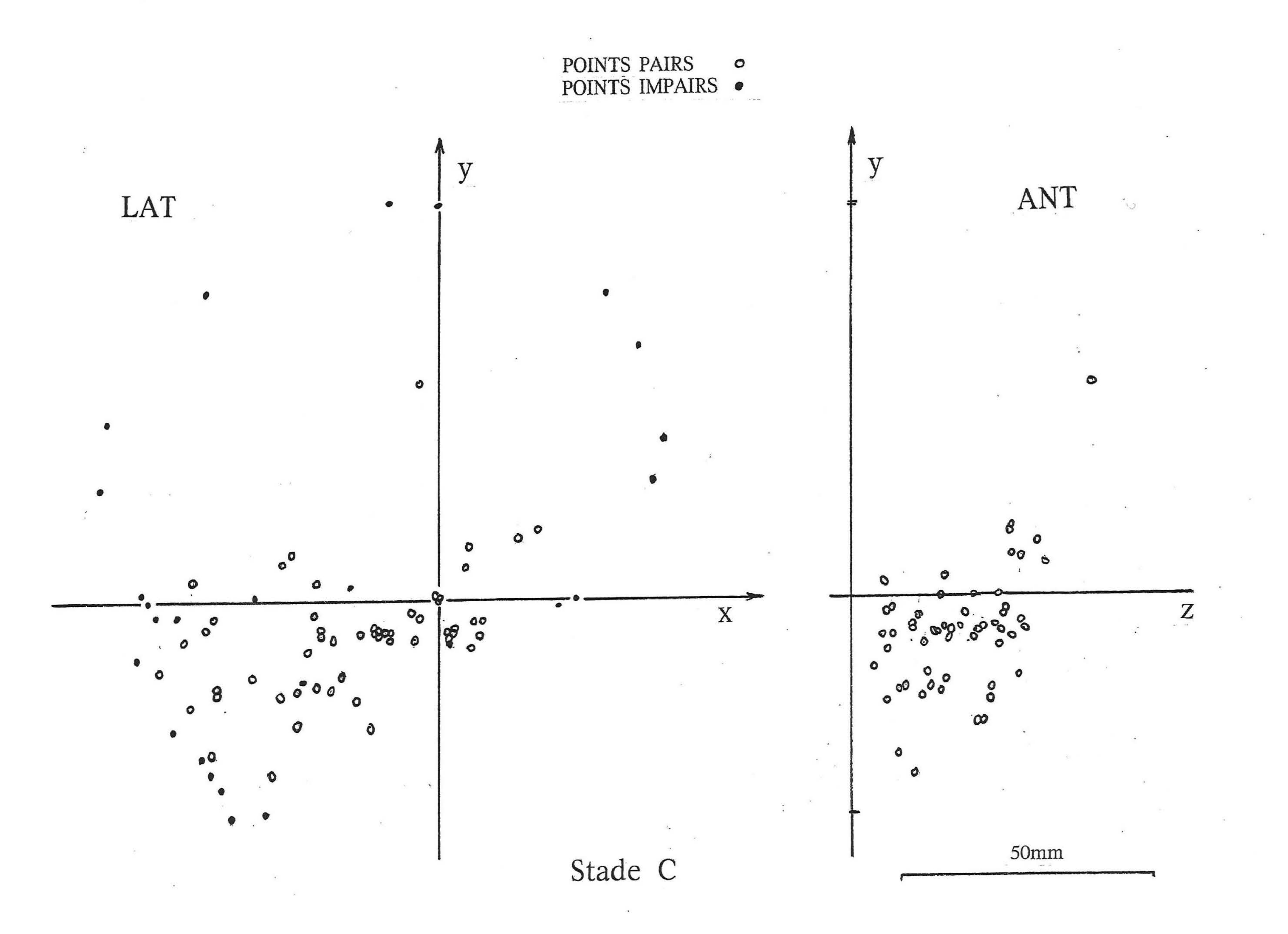
(suite des tableaux précédents)

# coordonnées vestibulaires des points pairs

# STADE

| | | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| asti | x | 10 | 14 | 16 | 20 | 24 | 26 | 30 | 32 | 36 |
| | y | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15,5 | 17 | 18 | 18,5 |
| | z | 20 | 29 | 32 | 40 | 43 | 48 | 51 | 52,5 | 54 |
| fsh | x | -18 | -22 | -25 | -29 | -34 | -35 | -36,5 | -38 | -38,5 |
| | y | -1,5 | -2 | -2 | -2,5 | -3 | -3,5 | -4 | -4,5 | -5 |
| | z | 6 | 7,5 | 8 | 9,5 | 11,5 | 12,5 | 13,5 | 14,5 | 16,5 |
| per | x | -7 | -10 | -11 | -12,5 | -13 | -14 | -15 | -16 | -17 |
| | y | -4 | -5,5 | -7 | -8 | -9 | -11 | -12 | -13 | -16 |
| | z | 12 | 16 | 20 | 22 | 24 | 25 | 26,5 | 28 | 30 |
| pii | x | 3 | 5 | 5,5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 12 | 13 |
| | y | 4,5 | 5,5 | 6 | 7 | 7,5 | 8 | 10 | 12 | 13 |
| | z | 25 | 32 | 39 | 43 | 50 | 54 | 57 | 59 | 60 |
| pti | x | -21 | -29 | -32 | -36 | -41 | -44 | -46 | -47 | -48 |
| | y | 4 | 6 | 7 | 7,5 | 8 | 9 | 9,5 | 10 | 10,5 |
| | z | 25 | 32 | 32,5 | 39 | 43 | 45 | 49,5 | 50 | 52 |
| spi | x | -6,5 | -9 | -10 | -10,5 | -11 | -11,5 | -12 | -13 | -14 |
| | y | -3 | -4,5 | -6,5 | -8 | -9 | -11 | -12 | -13 | -15 |
| | z | 13 | 18 | 22 | 25 | 27 | 29 | 30,5 | 32 | 34 |
| tda | x | -8 | -10,5 | -12 | -14,5 | -15 | -15,5 | -16 | -16,5 | -18 |
| | y | -4 | -4,5 | -6,5 | -8 | -9 | -9,5 | -10 | -10,5 | -11 |
| | z | 5 | 5,5 | 6 | 8 | 9 | 10 | 11,5 | 13 | 15 |
| tdp | x | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 |
| | y | -5 | -5,5 | -8 | -8,5 | -10 | -10,5 | -11 | -12 | -13 |
| | z | 11 | 15 | 17 | 20 | 23 | 25 | 27,5 | 30 | 32 |
| VII | x | 1 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| | y | -5 | -5,5 | -6,5 | -8 | -8,5 | -9 | -10 | -11 | -12 |
| | z | 15 | 20 | 25 | 32 | 33 | 34,5 | 37 | 40 | 43 |
| VIII | x | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 |
| | y | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | z | 11 | 15 | 18 | 21 | 22,5 | 24 | 27 | 29 | 30 |
| XII | x | 2 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 4,5 | 5 | 5,5 | 6 |
| (ext) | y | -2 | -4 | -6 | -8 | -9,5 | -11 | -13,5 | -15 | -17 |
| | z | 8 | 10 | 12 | 14 | 17 | 18 | 19 | 21 | 22 |
| XII | x | 5 | 6 | 7 | 7,5 | 8 | 9 | 9,5 | 10 | 11 |
| (int) | y | -2 | -3 | -4 | -7 | -8 | -10 | -11,5 | -13 | -16 |
| | z | 6 | 7 | 8 | 11 | 13 | 15 | 16 | 17 | 19 |

coordonnées vestibulaires
des 12 autres points pairs


POINTS PAIRS o
POINTS IMPAIRS •
LAT
y
x
ANT
y
z
50mm
Stade C

# coordonnées polaires

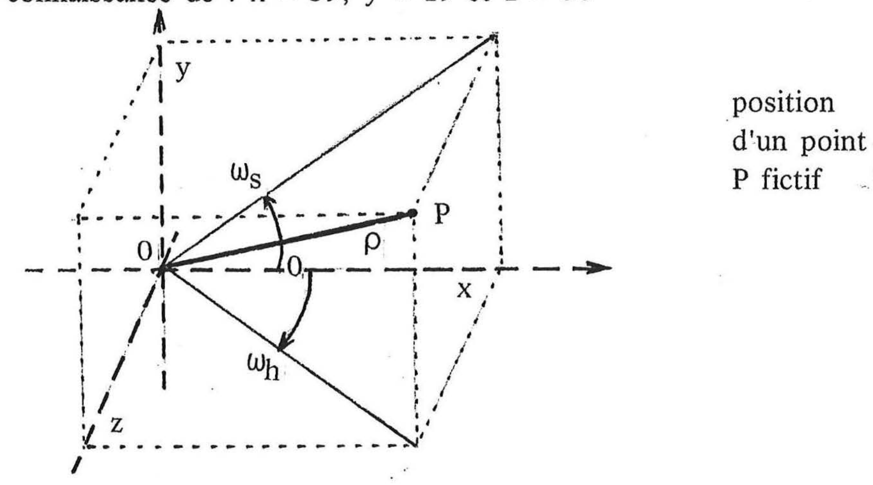
Bien que non utilisées ici, elles peuvent aussi fournir, soit directement, soit à partir des coordonnées rectangulaires, la situation d'un point, dans un plan ou dans l'espace.

- dans un plan

les coordonnées sont : ρ (distance entre le point et la rencontre des axes orthogonaux considérés) et ω (angle dont l'origine et le sens dans lequel il est compté doivent être précisés dans tous les cas).

- dans l'espace à 3 dimensions orthogonales

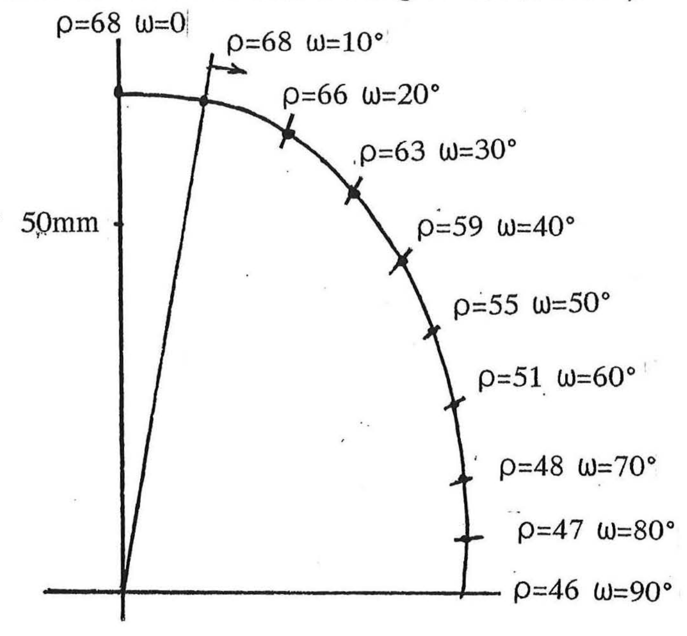
outre ρ, la mesure de 2 angles est nécessaire (et suffisante).
exemple pour l'astérion (ast) gauche de l'adulte, à partir de la connaissance de : x = 39, y = 19 et z = 56




position d'un point P fictif

ρ = racine de $x^2+y^2+z^2$= 70,84 mm
ω sagittal : tgω = 19/39 = 0,48 ; d'où ω = 25,9°
ω horizontal : tgω = 56/39 = 1,43 ; d'où ω = 55,1°
(l'origine et le sens des angles sont précisés dans la figure précédente).

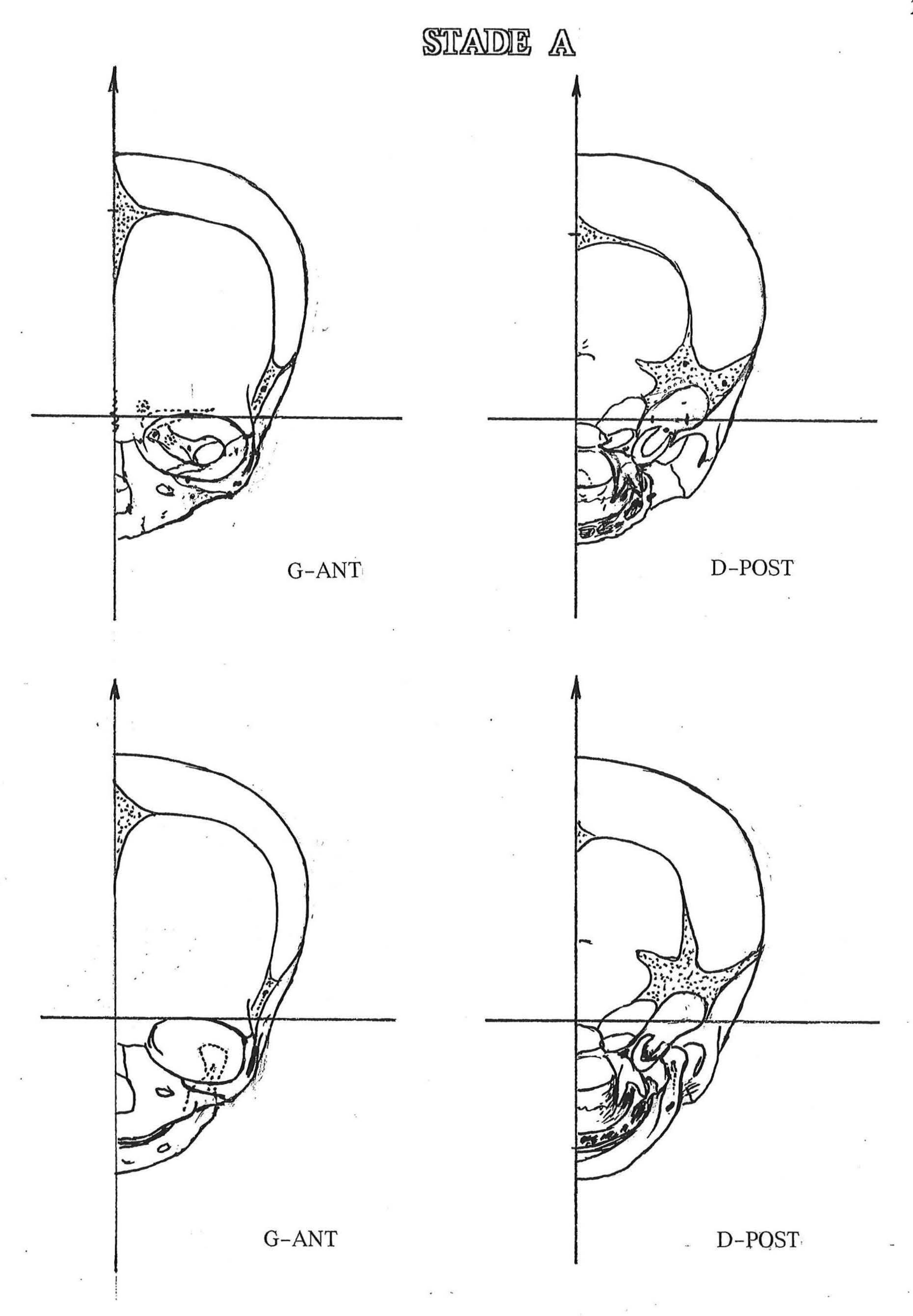
Les coordonnées polaires peuvent être intéressantes dans le cas où il faut analyser la *forme* globale d'une courbe, sans vouloir retrouver la *position* de points craniométriques anatomiquement définis. Par exemple si l'on veut *quantifier* la forme du contour maximal de la projection horizontale vestibulaire de l'avant-crâne d'un nouveau-né (cf. plus loin, figure correspondante du stade C), on fait tourner une droite autour du 0 des axes, et on mesure le ρ tous les 10°d'ω. Cela apporte 10 points "non anatomiquement définissables", mais quantifiables. En augmentant le nombre de telles mensurations (jusqu'à atteindre la taille d'un "pixel" de scanner) une forme précise peut être définie. Ce serait le principe d'un tramage *orienté* (puisque les axes de référence sont à l'origine des mesures).

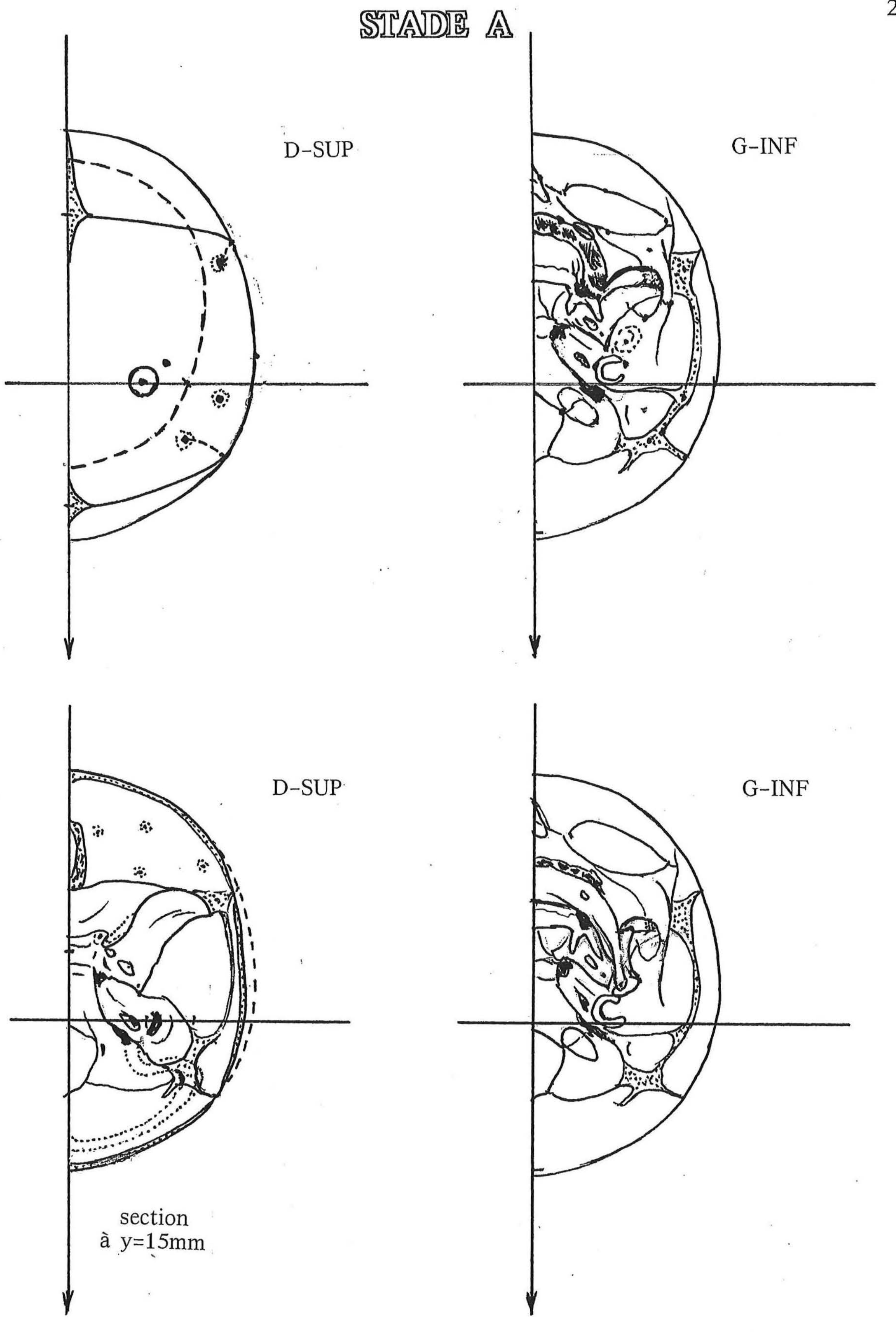


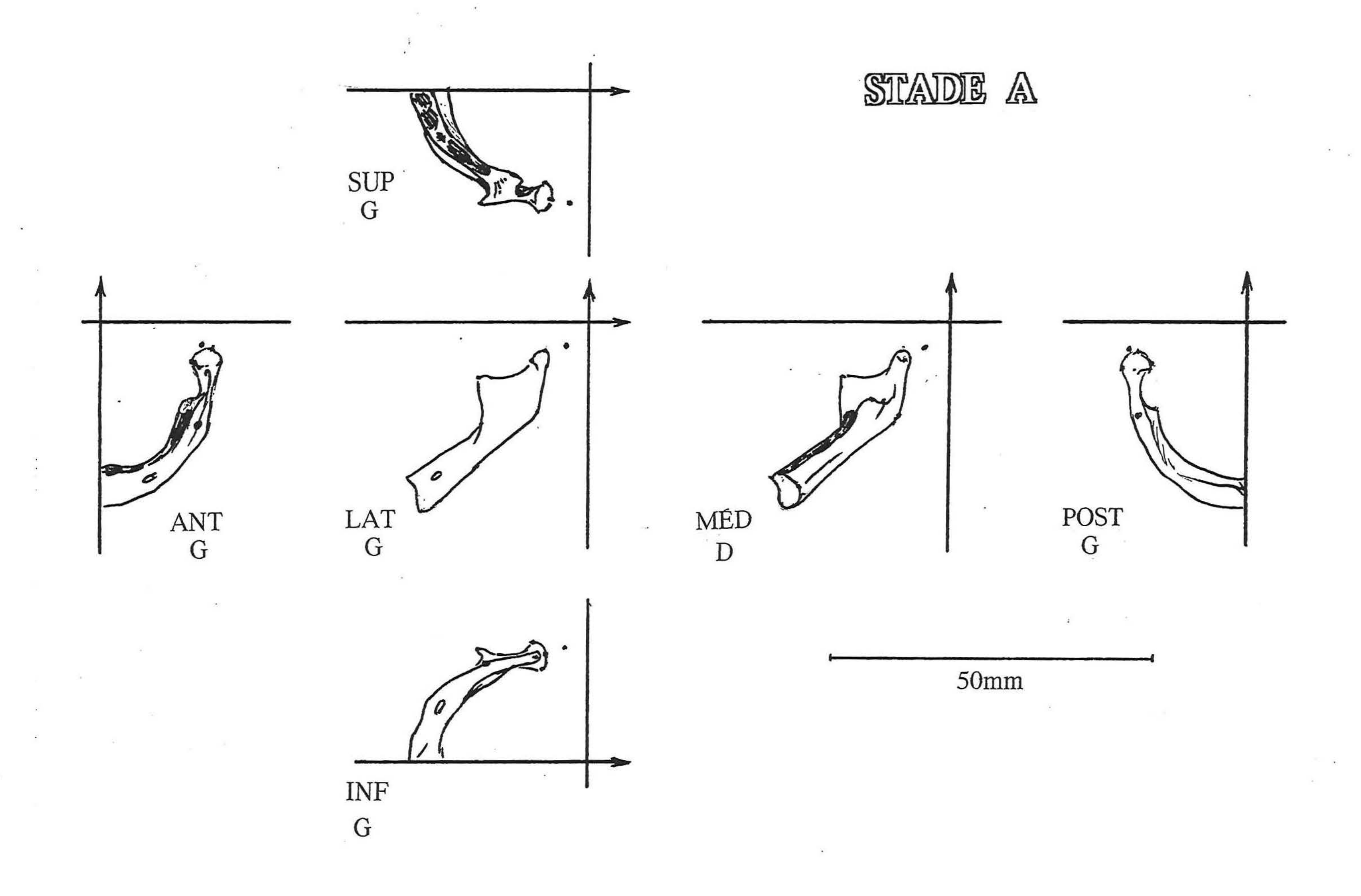
# CRANIOGRAMMES VESTIBULAIRES

# STADE A

# STADE A

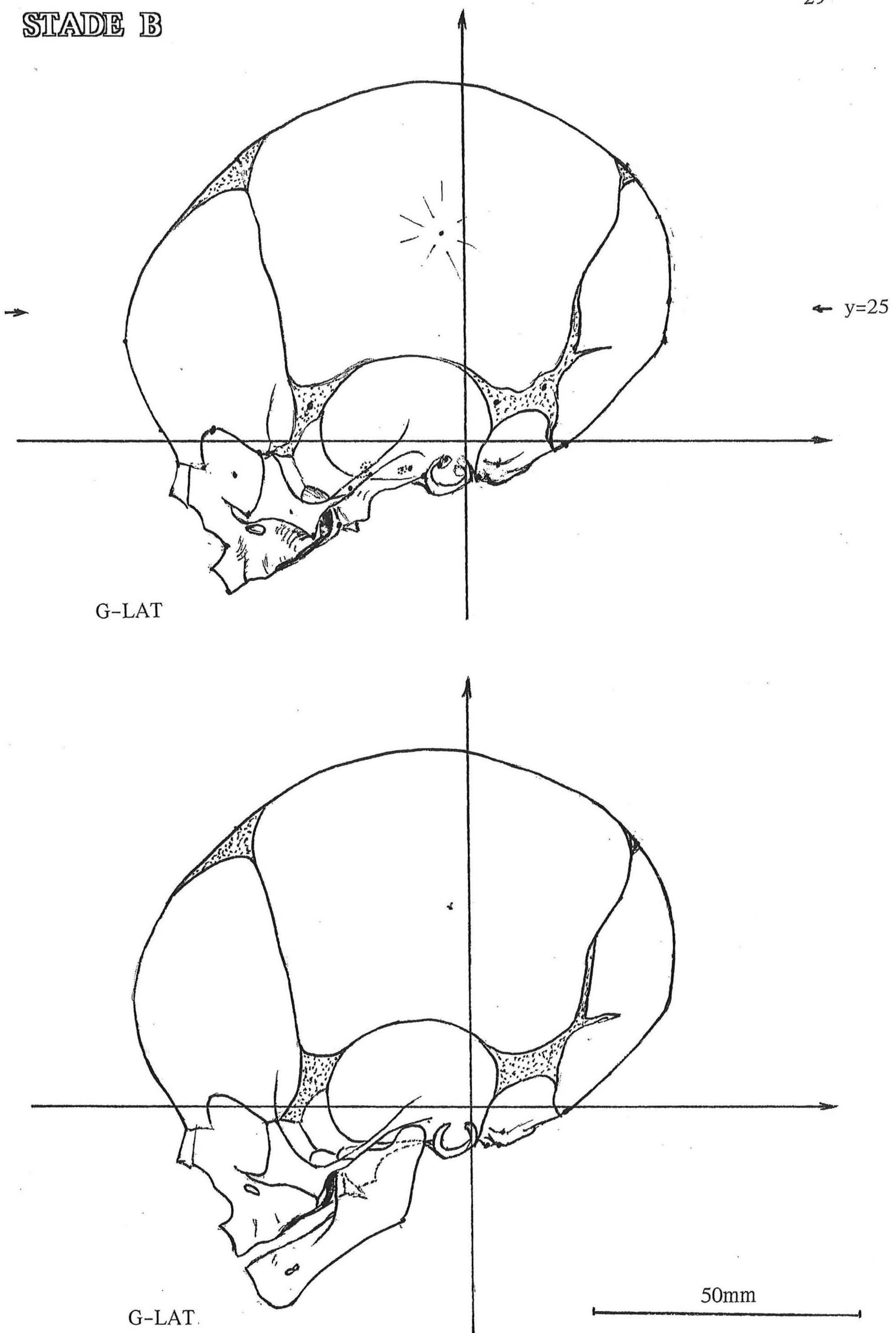


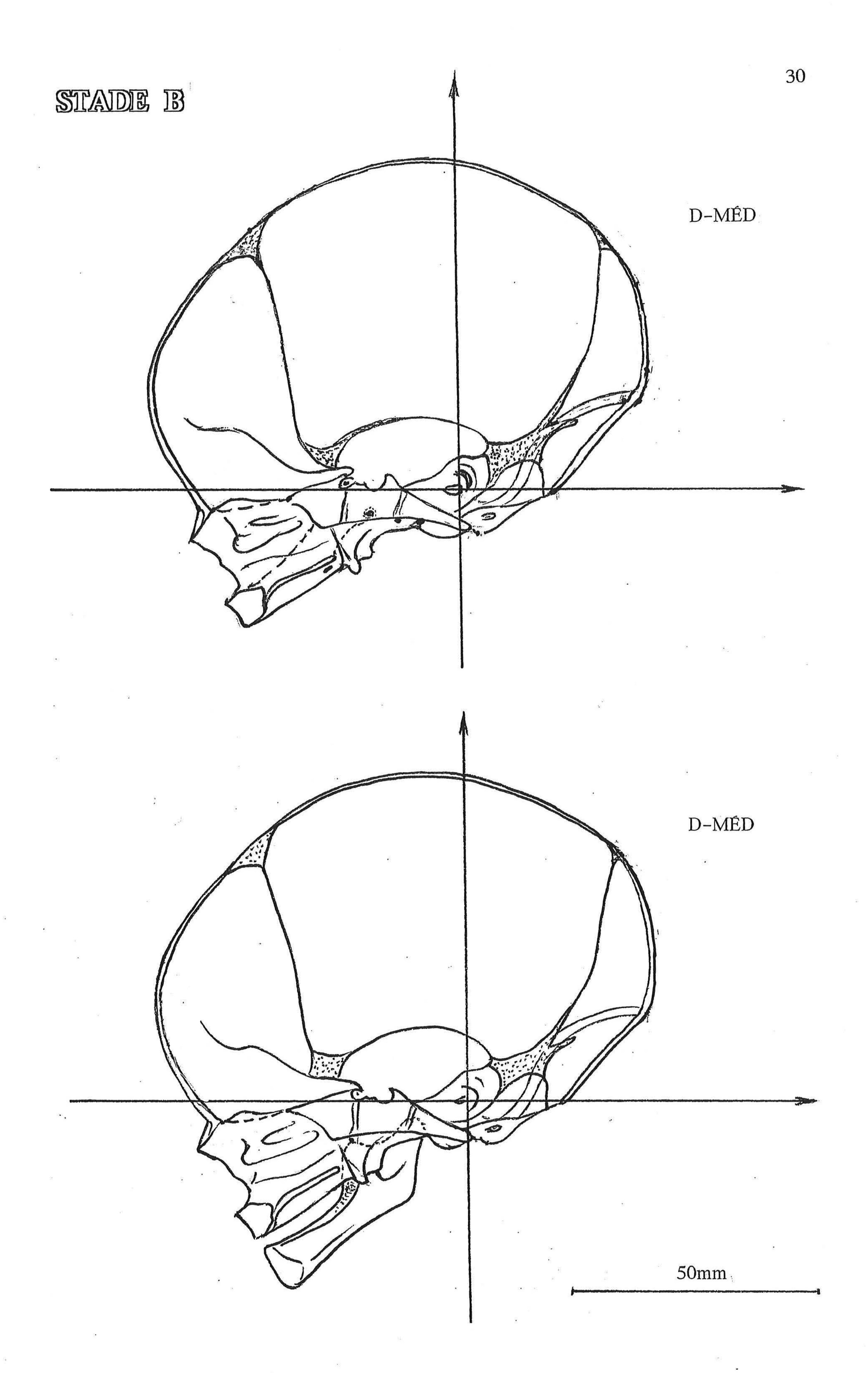

STADE A
D-SUP
G-INF
D-SUP
G-INF
section
à y=15mm
50mm

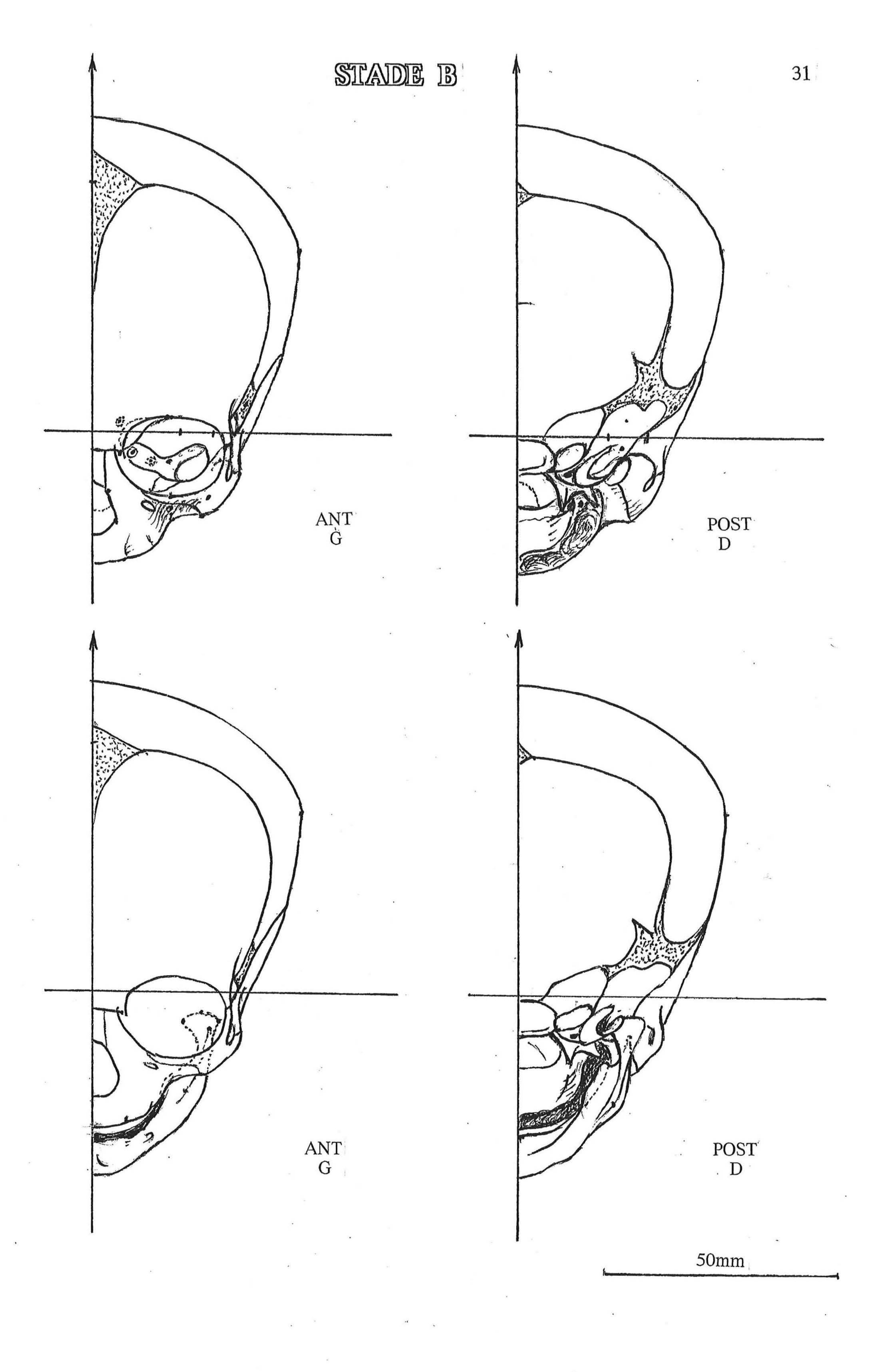

STADE A
SUP
G
ANT
G
LAT
G
MÉD
D
POST
G
INF
G
50mm

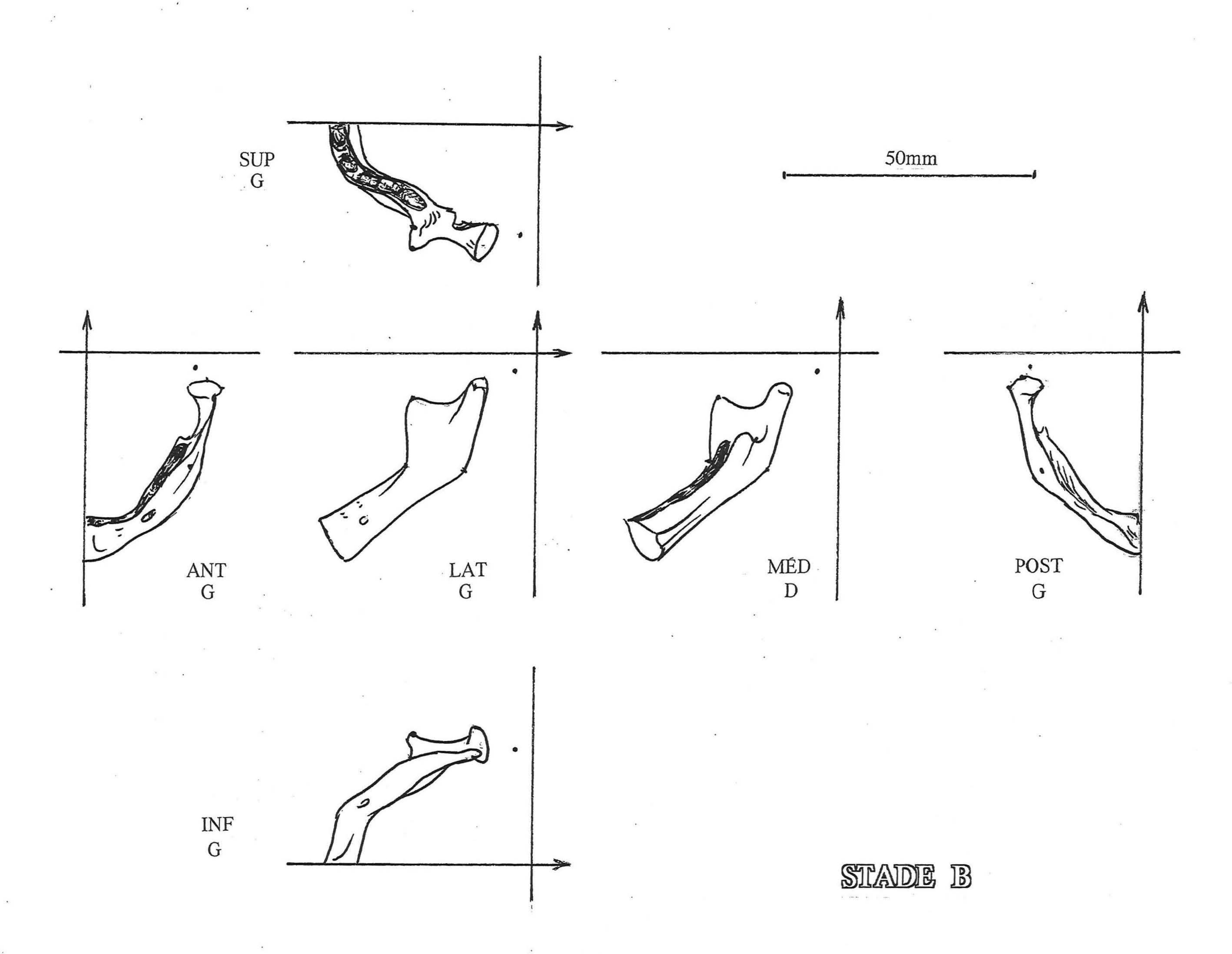
# STADE B

# STADE B




STADE B
D–MÉD
D–MÉD
50mm


STADE B
ANT
G
POST
D
ANT
G
POST
D
50mm



SUP
G
50mm
ANT
G
LAT
G
MÉD
D
POST
G
INF
G
STADE B

# STADE C

# STADE C

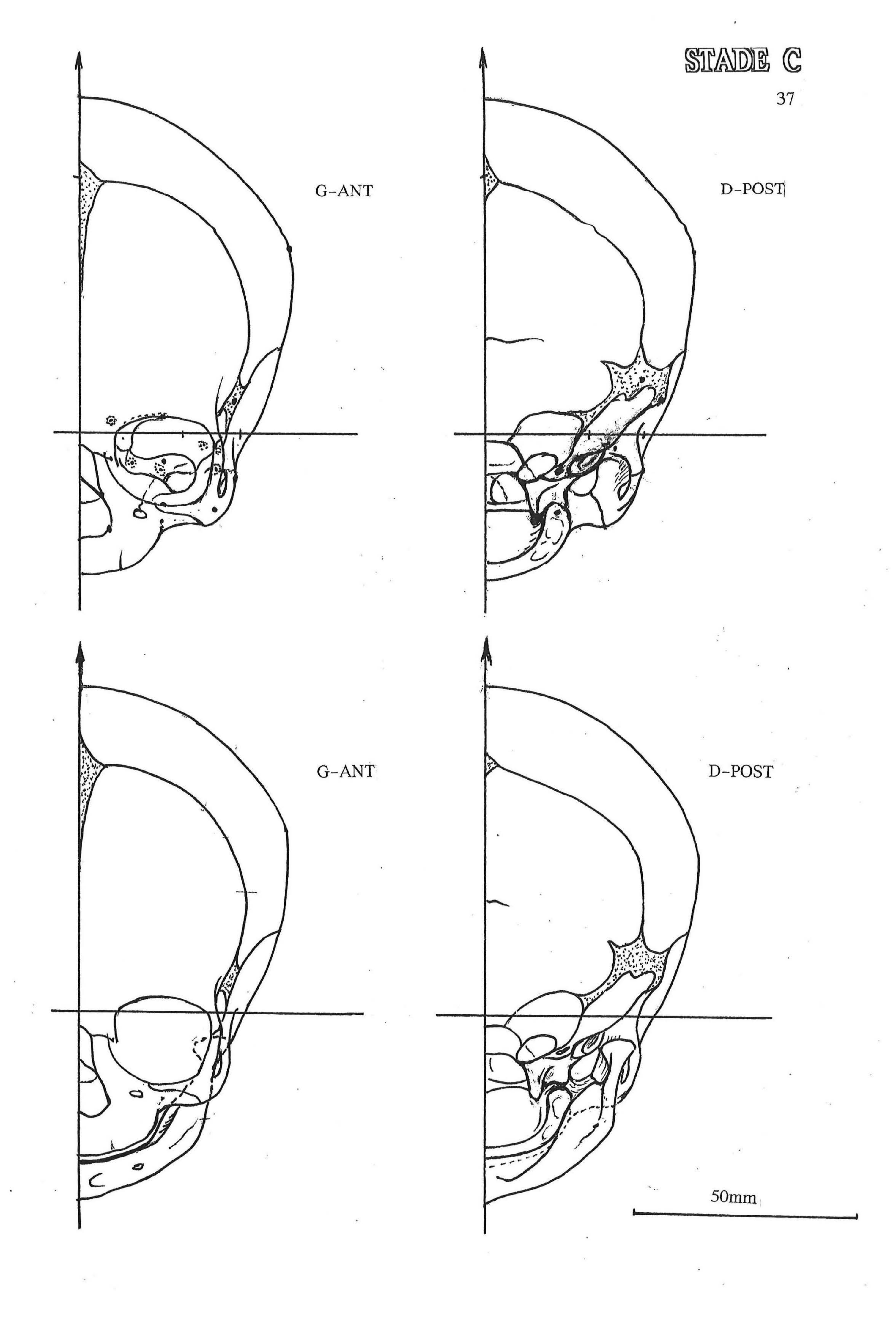


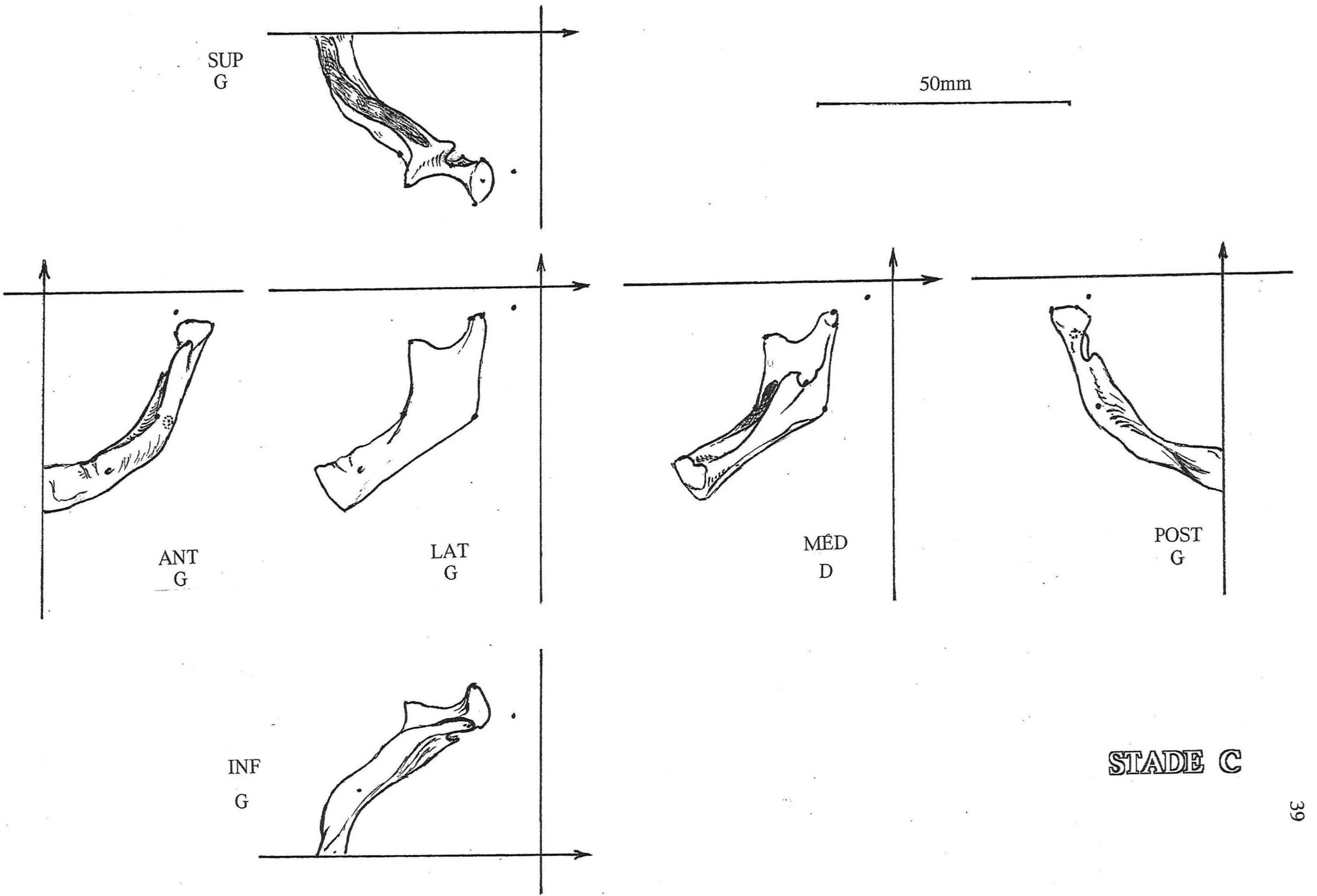
← y=25

G–LAT

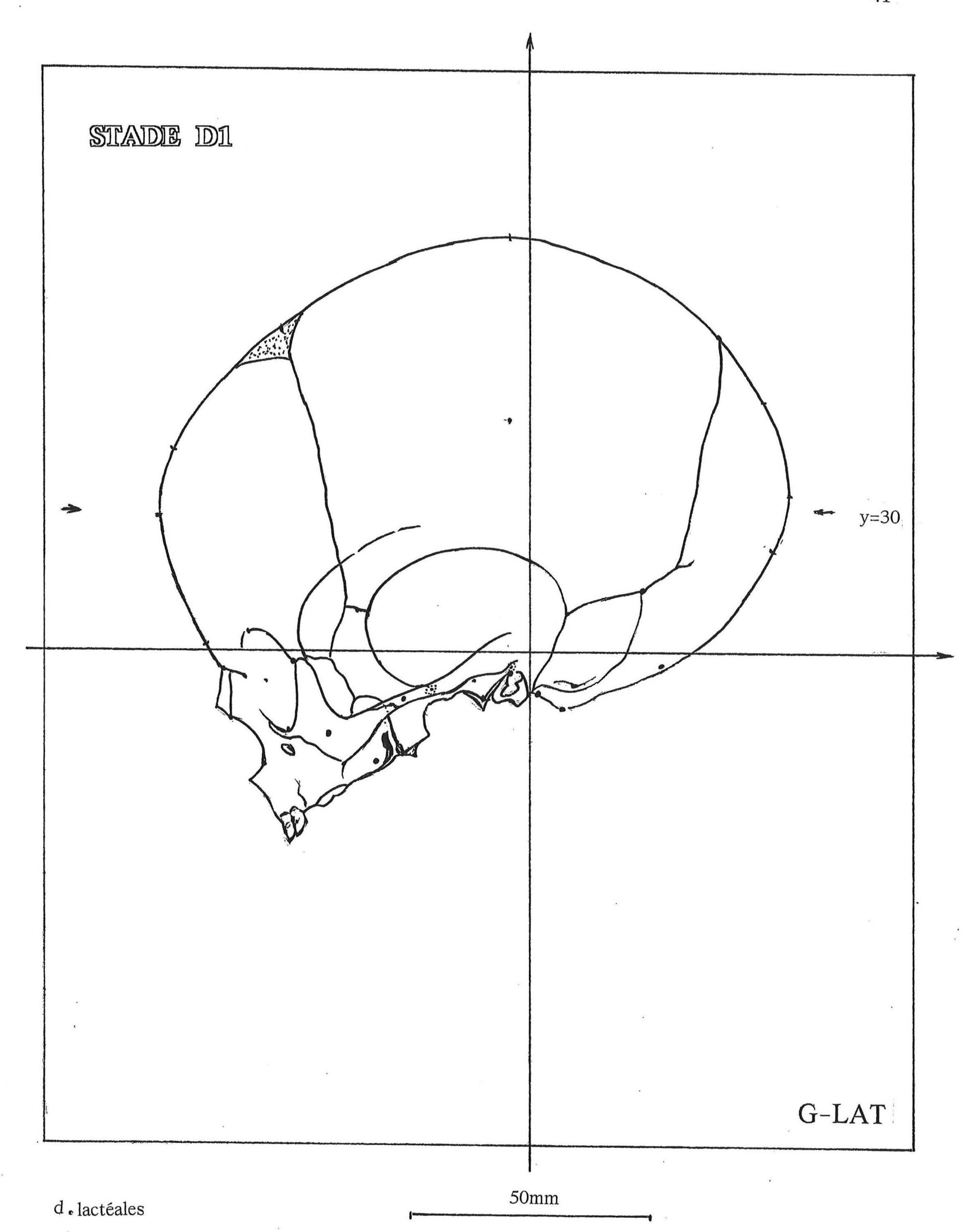
G–LAT

50mm


G-ANT
D-POST
G-ANT
D-POST
50mm

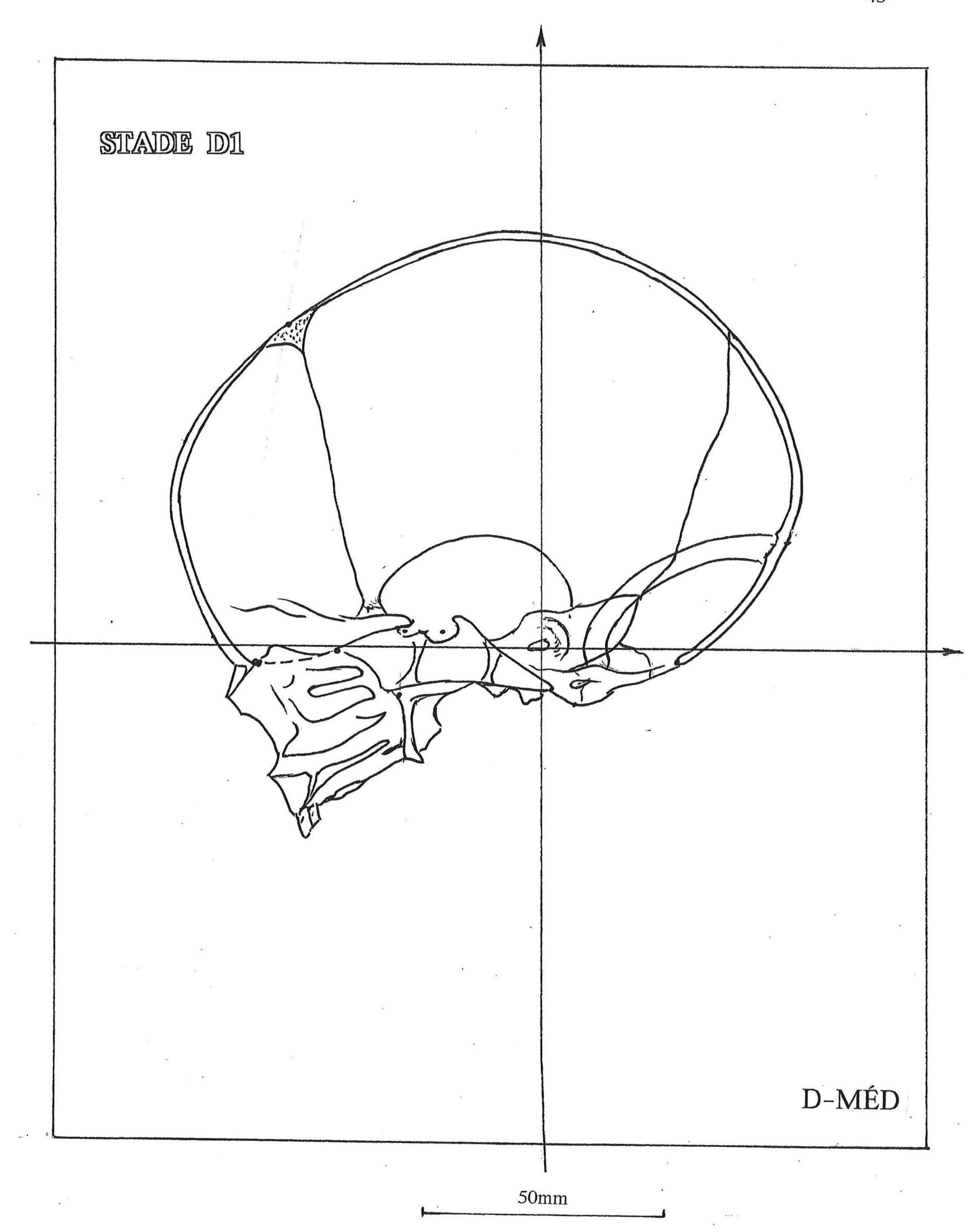


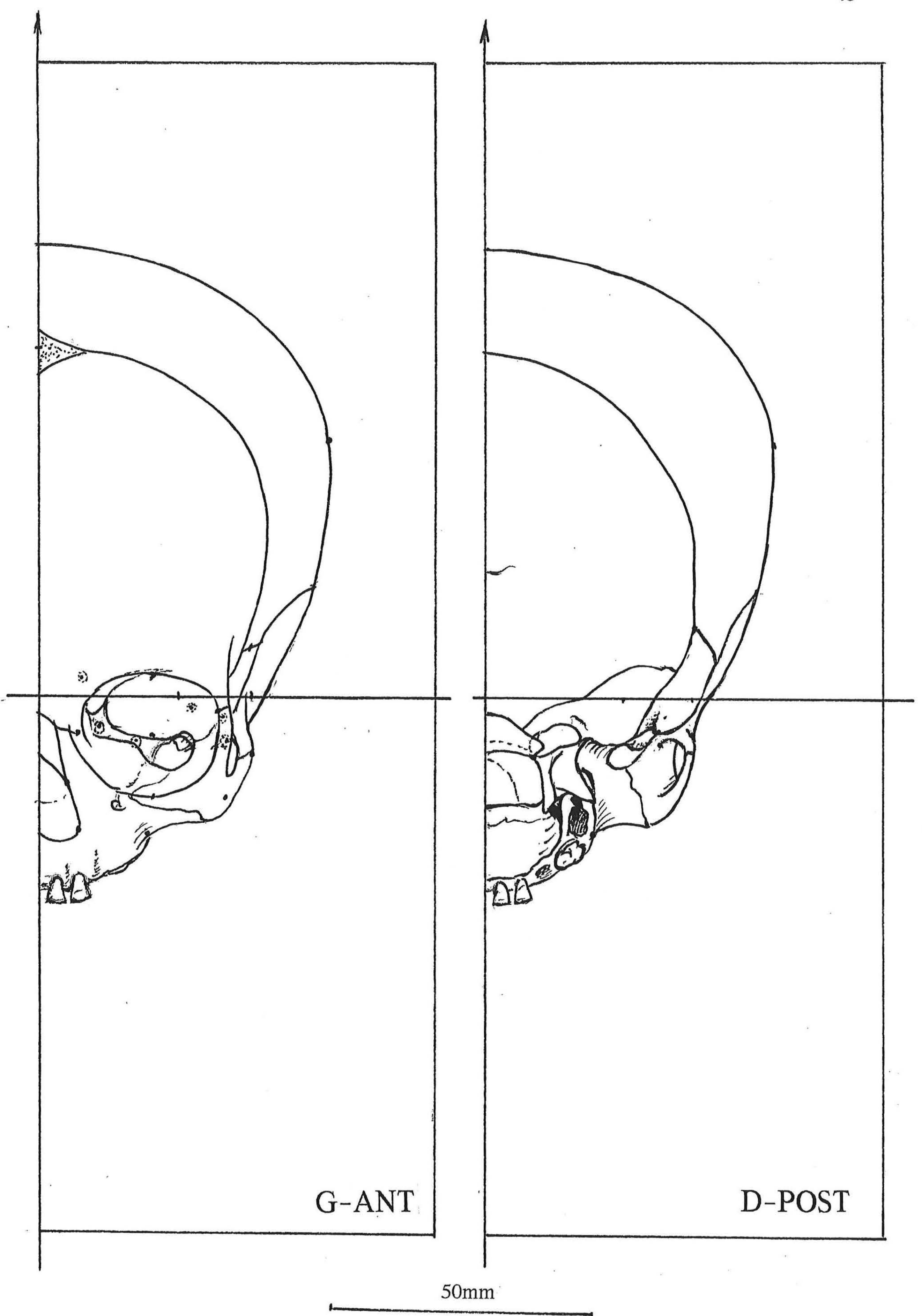

STADE C

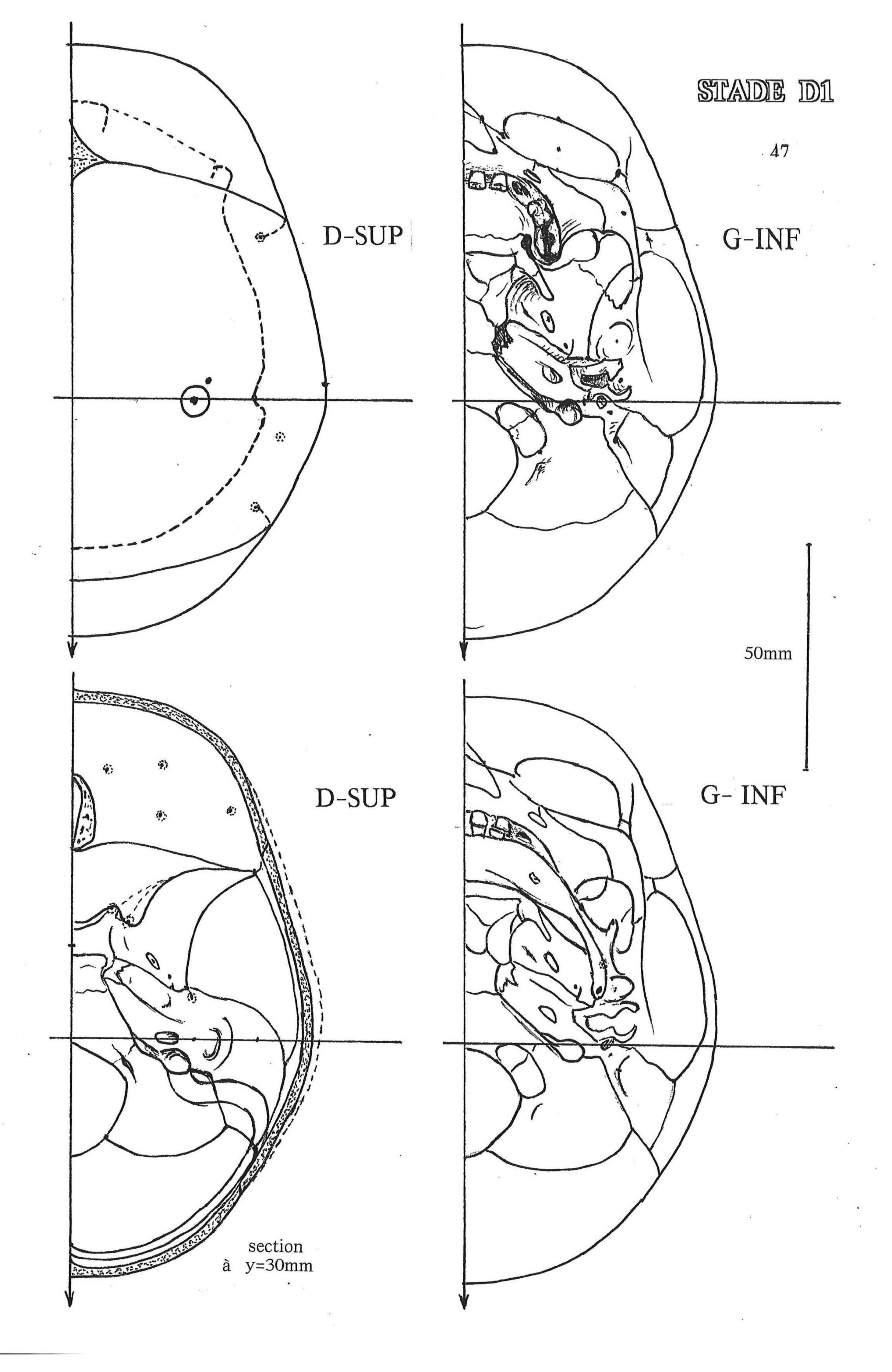



d. lactéales

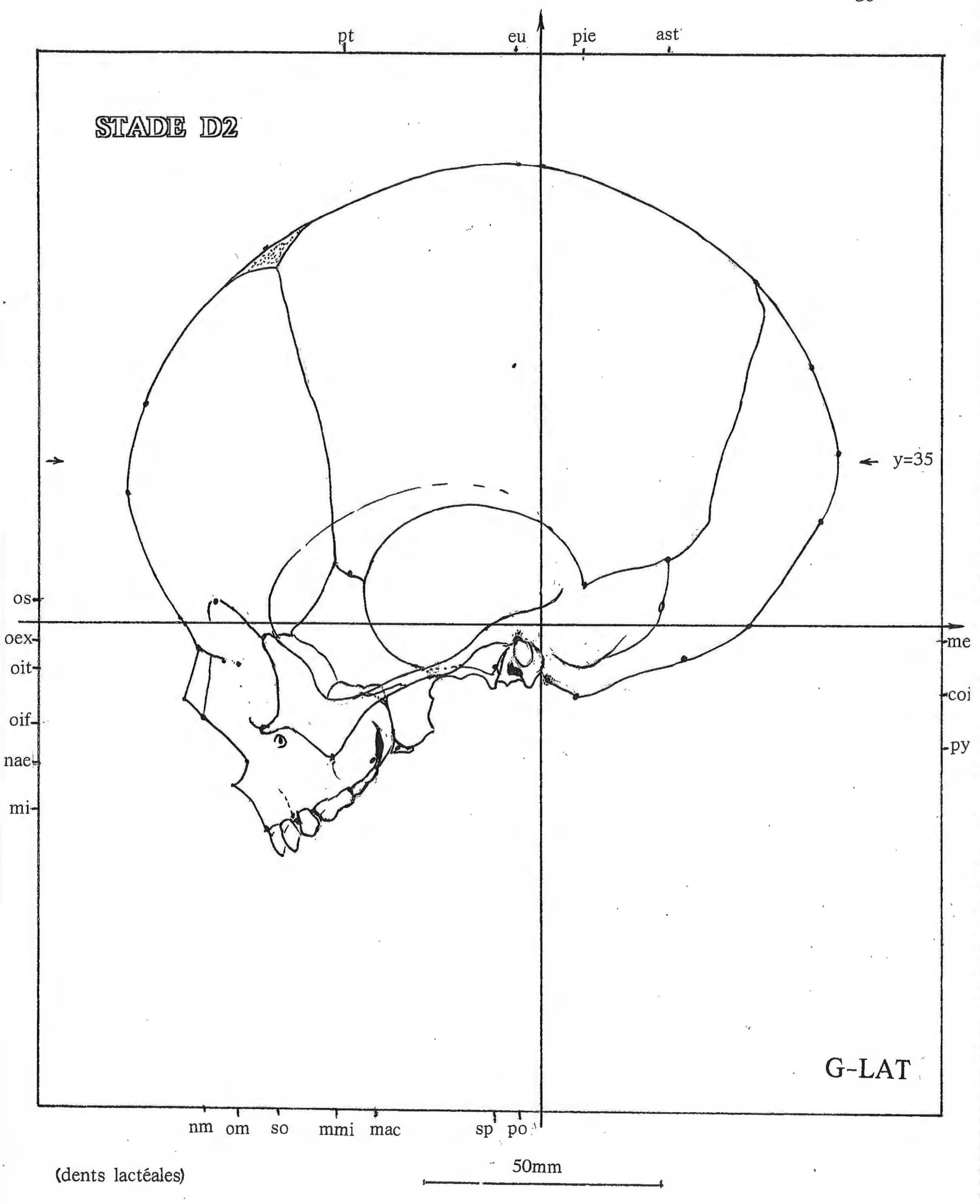
50mm


STADE D1
D-MÉD
50mm

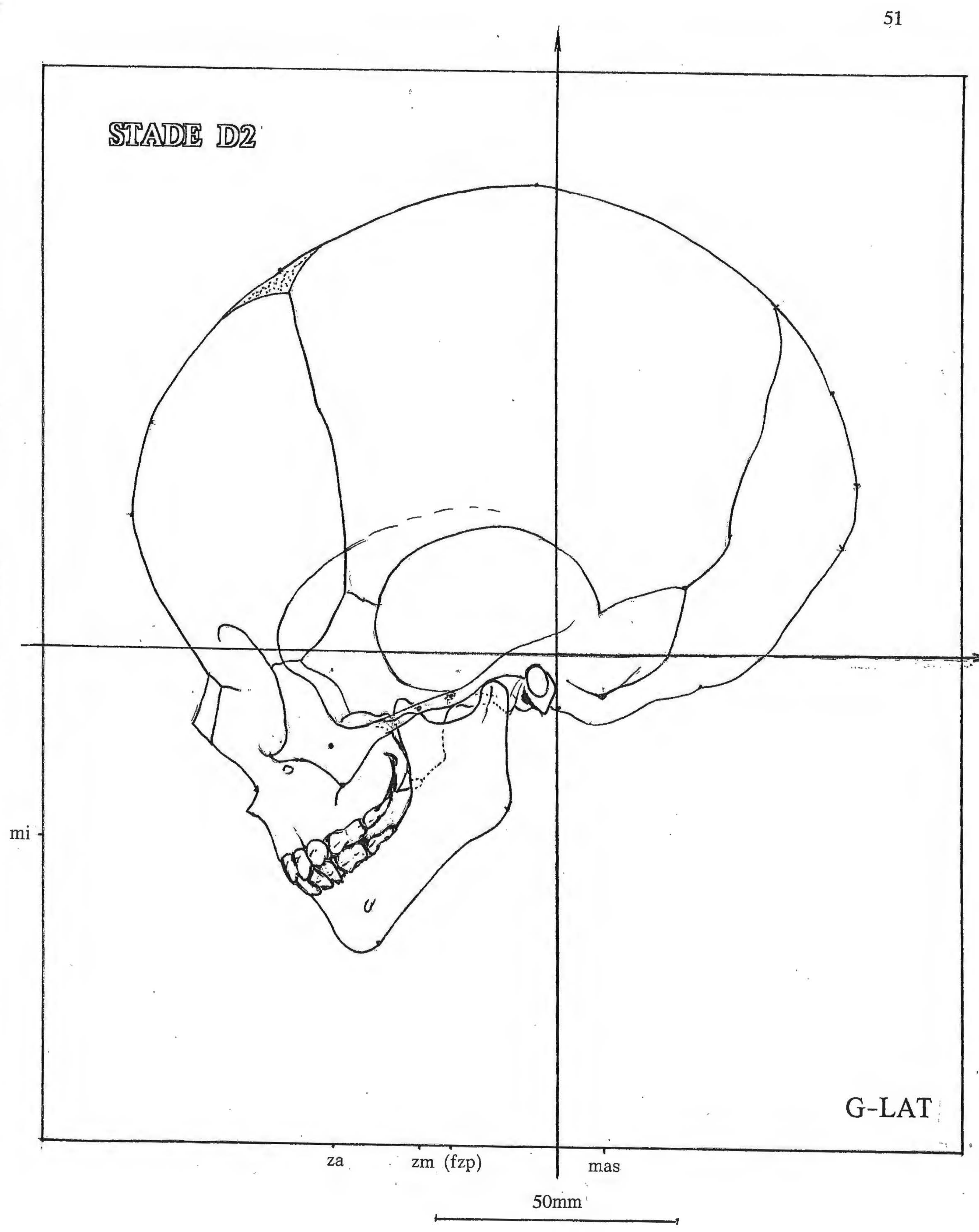

G-ANT
D-POST
50mm

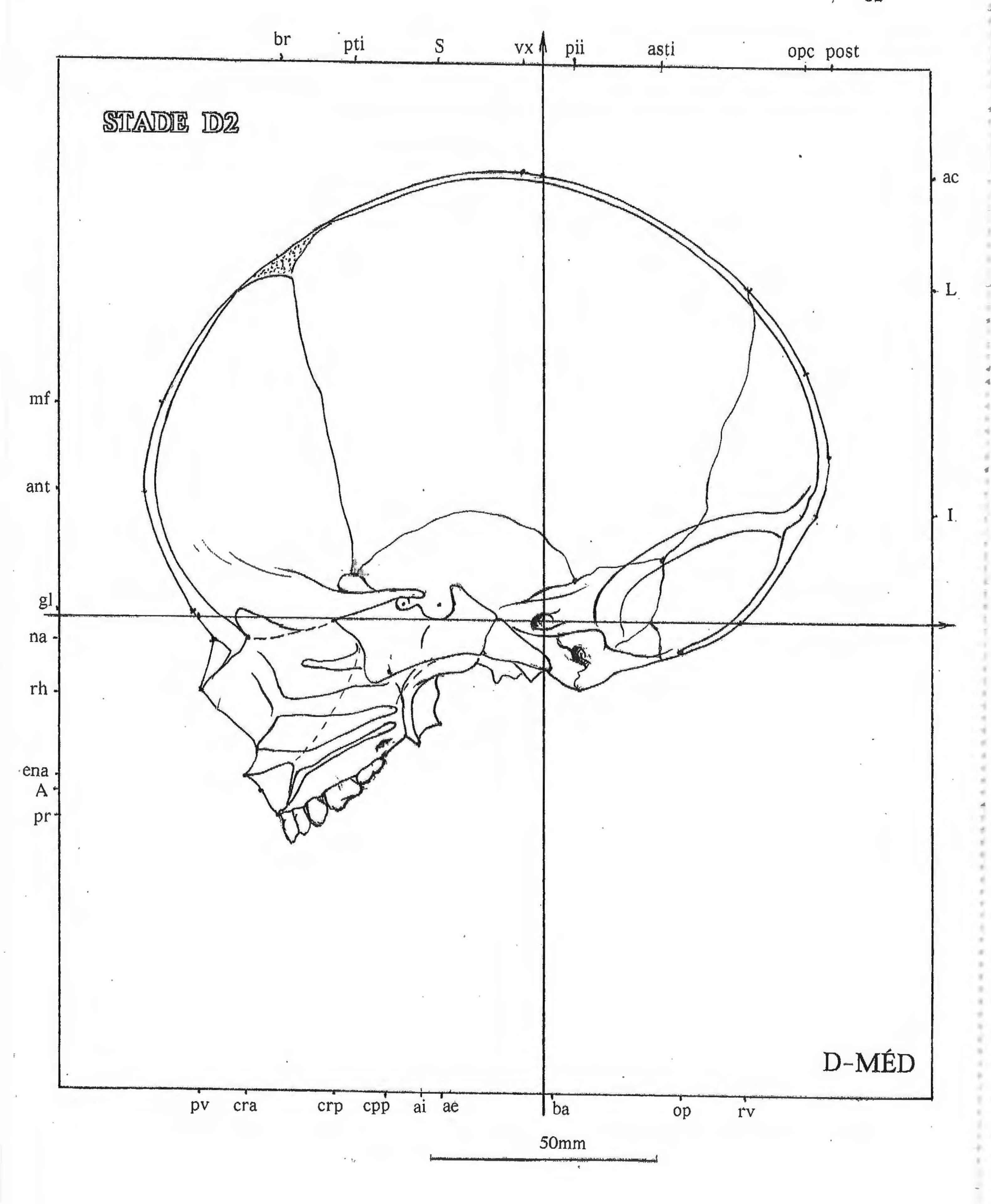

STADE D1
47
D-SUP
G-INF
50mm
D-SUP
G- INF
section
à y=30mm

# STADE D2

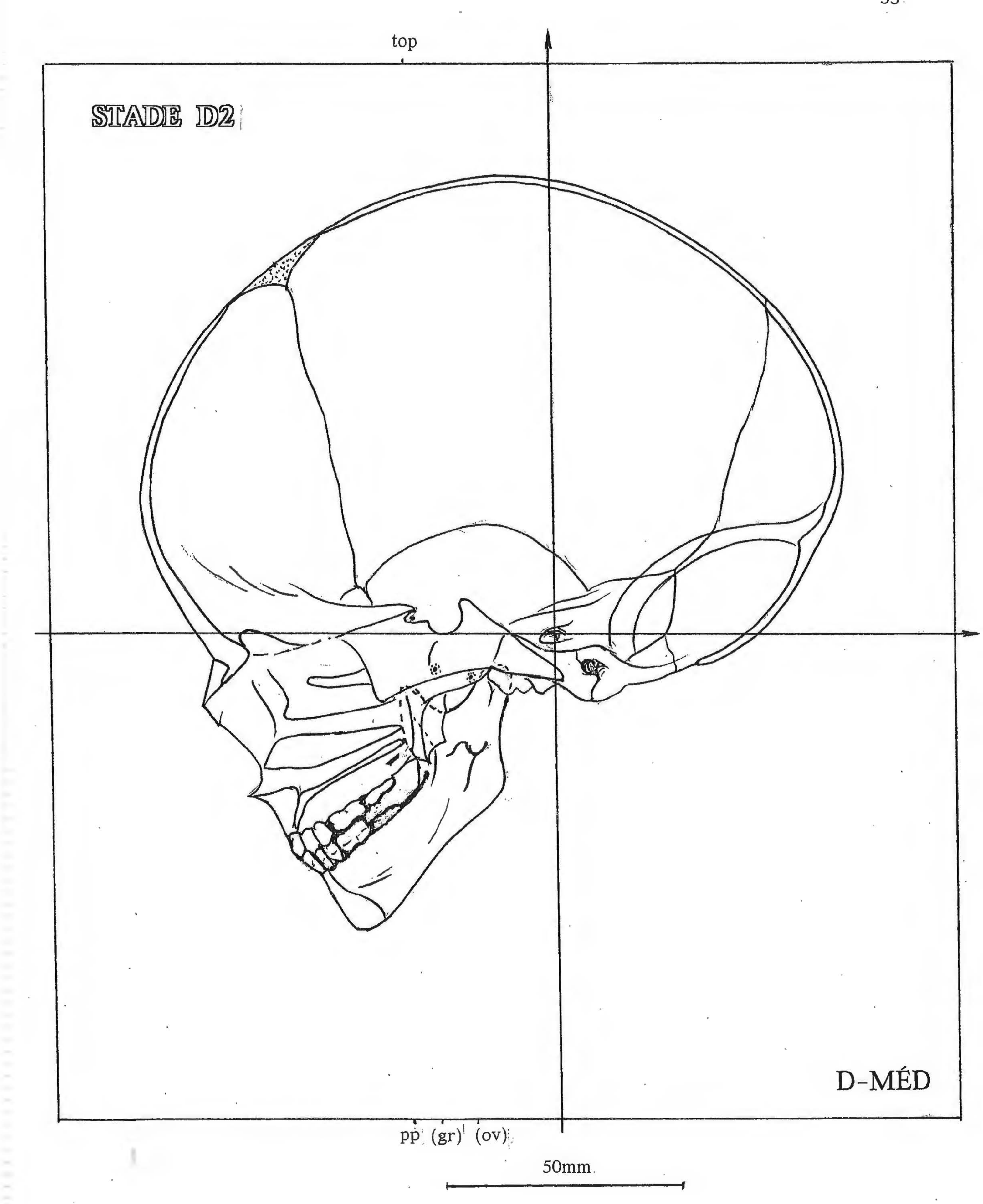



(dents lactéales)


STADE D2
mi
G-LAT
za
zm (fzp)
mas
50mm



br
pti
S
vx
pii
asti
opc
post
STADE D2
ac
L
mf
ant
I
gl
na
rh
ena
A
pr
D-MÉD
pv
cra
crp
cpp
ai
ae
ba
op
rv
50mm


top
STADE D2
D-MÉD
pp (gr) (ov)
50mm

oif/om/os (me) (po)

ac
br
eu
pt
top
fsh
gr
(ov)
so
nae
mi

(fzp)

mac mmi

G-ANT

coe vi ve

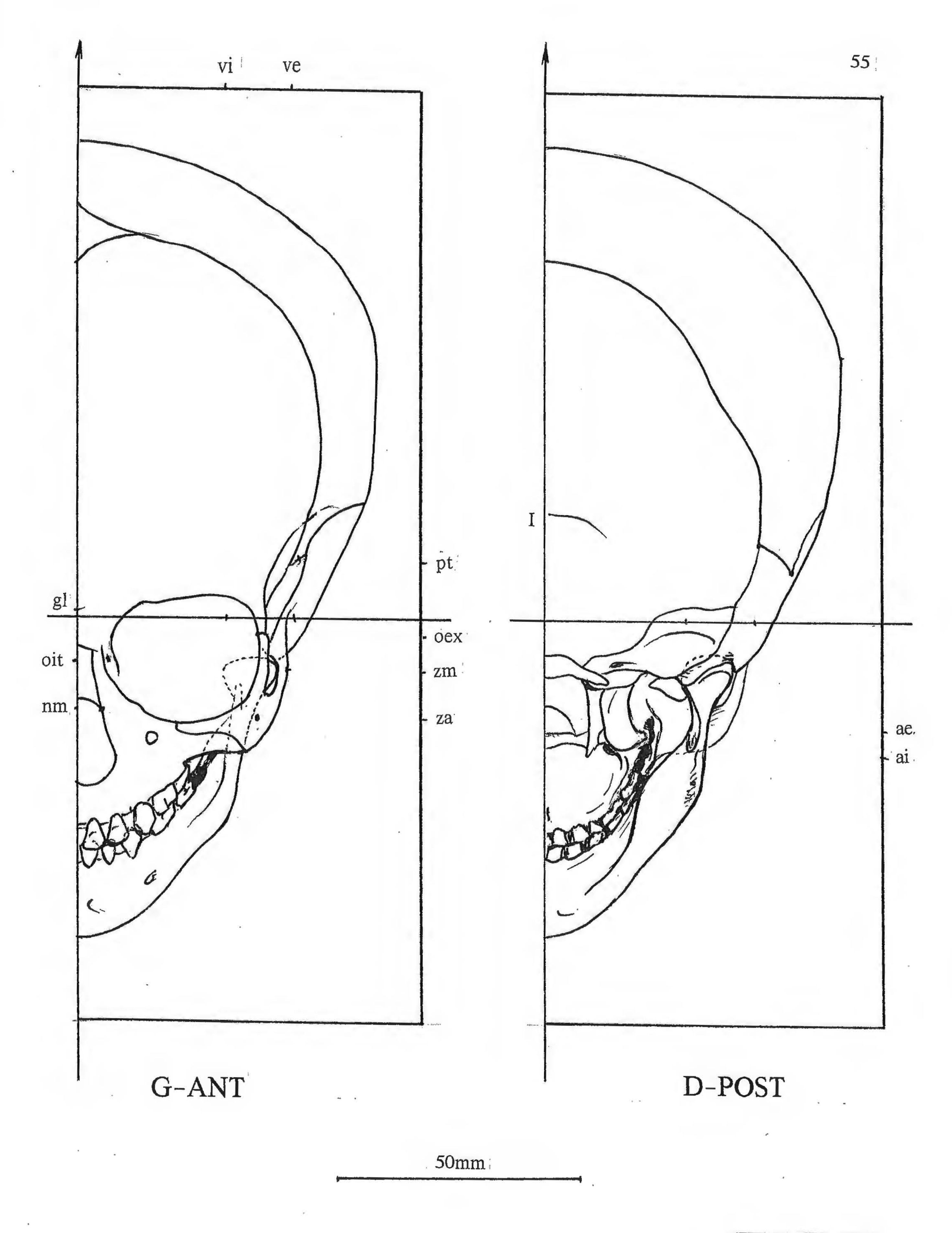
L
I

ast
pie
mas
coi
(py)

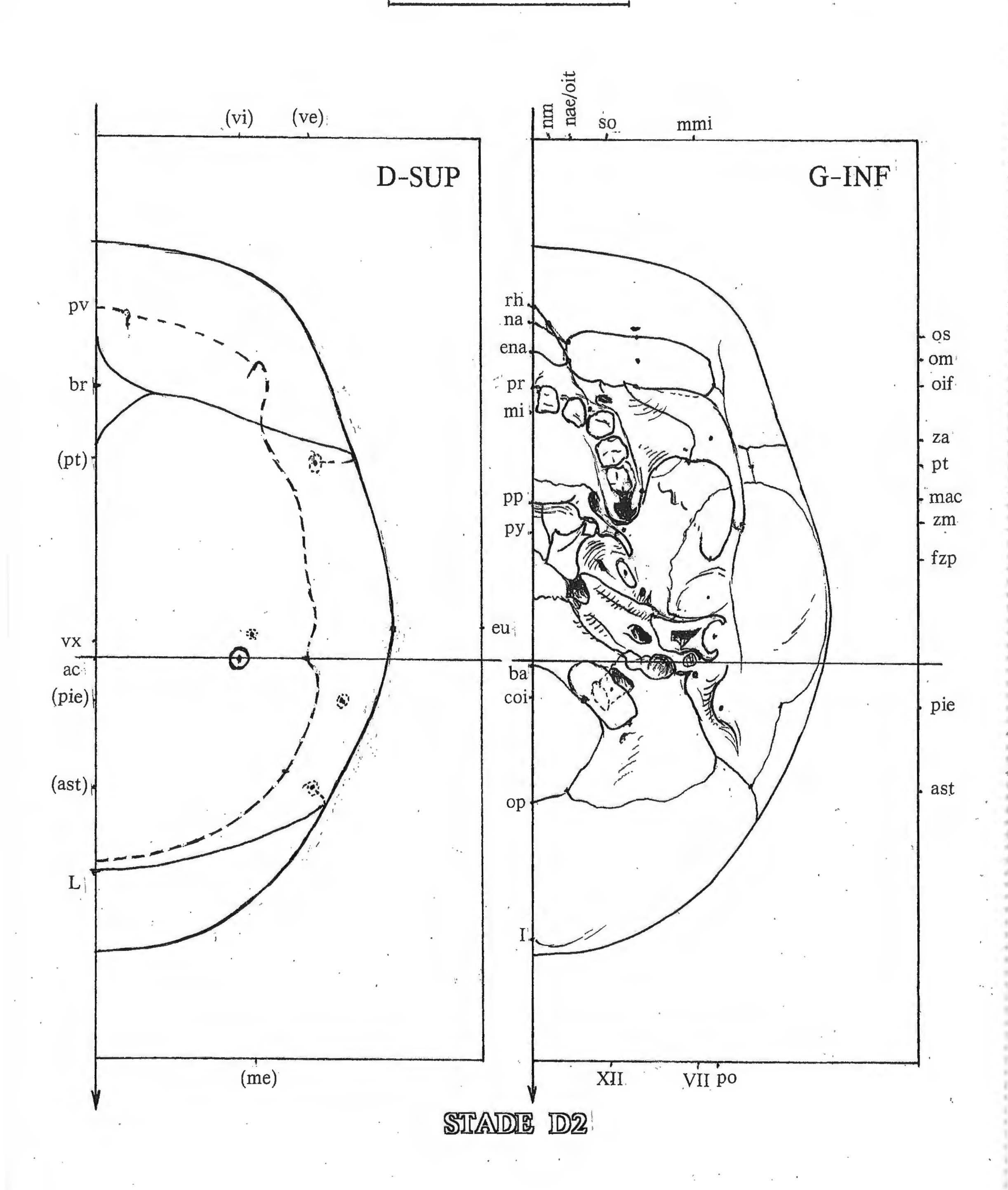
cpp

D-POST

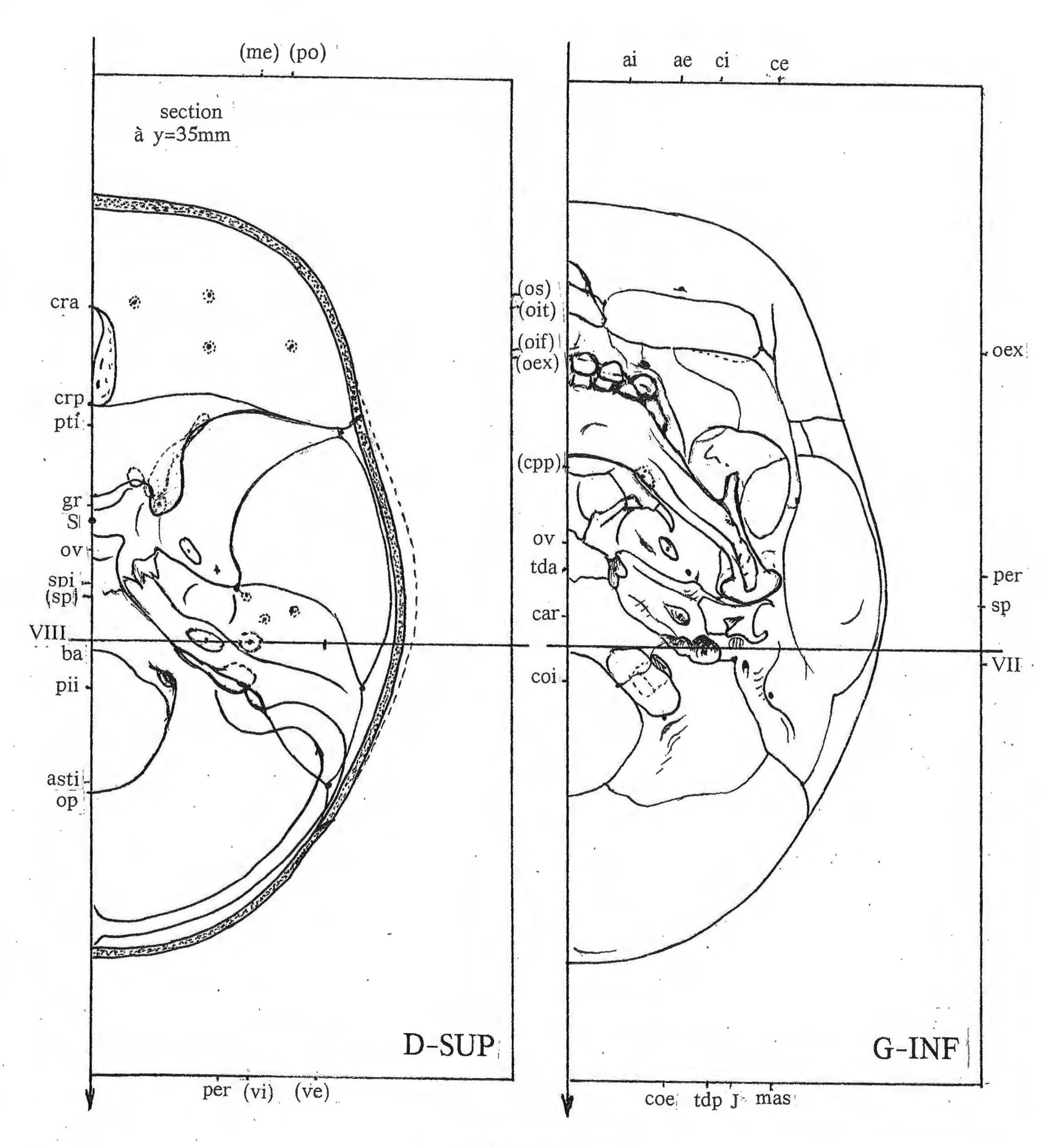
50mm



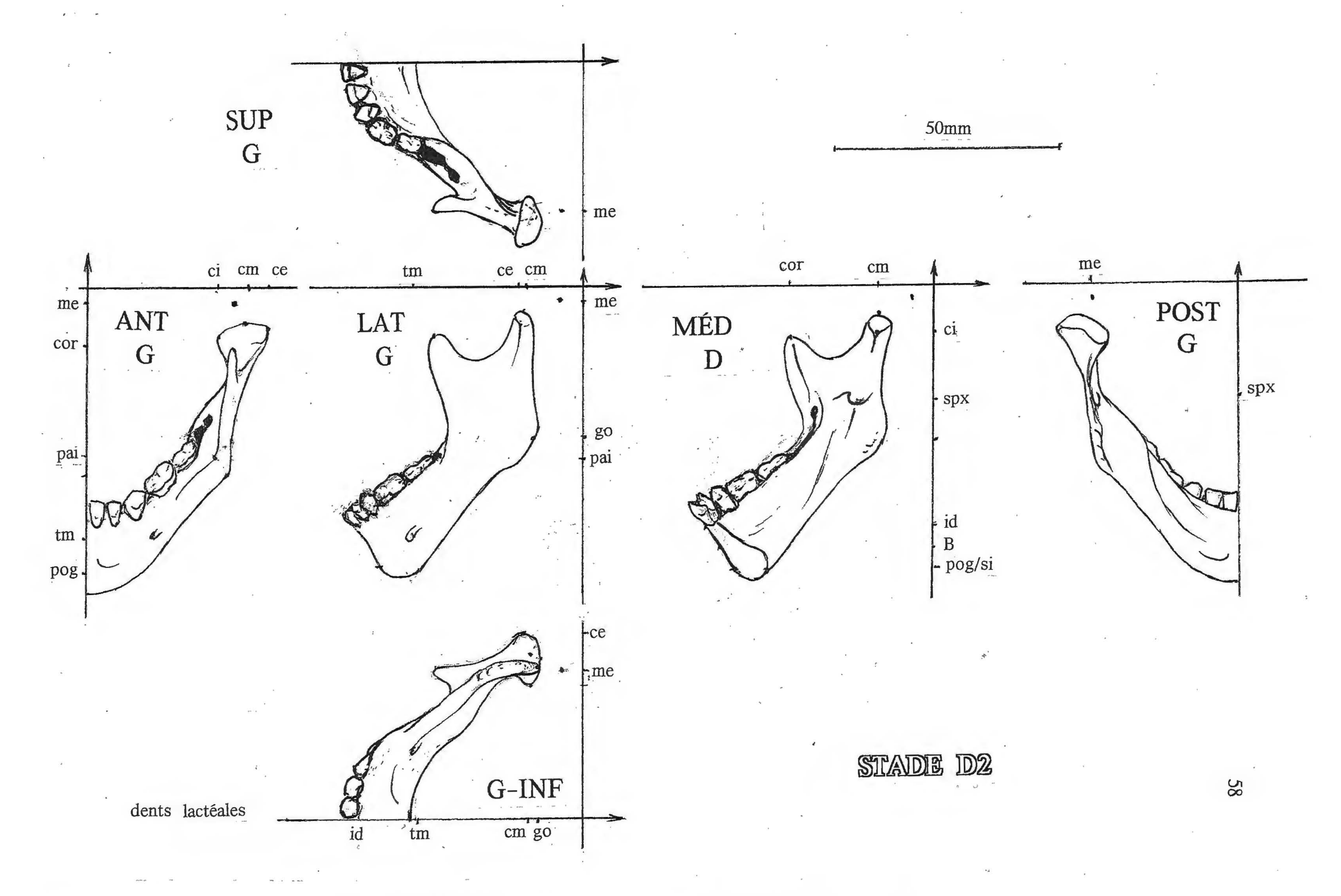

STADE D2


50mm
(vi)
(ve)
D-SUP
pv
br
(pt)
vx
ac
(pie)
(ast)
L
(me)
nm
nae/oit
so
mmi
G-INF
rh
na
ena
pr
mi
pp
py
eu
ba
coi
op
I
os
om
oif
za
pt
mac
zm
fzp
pie
ast
XII
VII
po

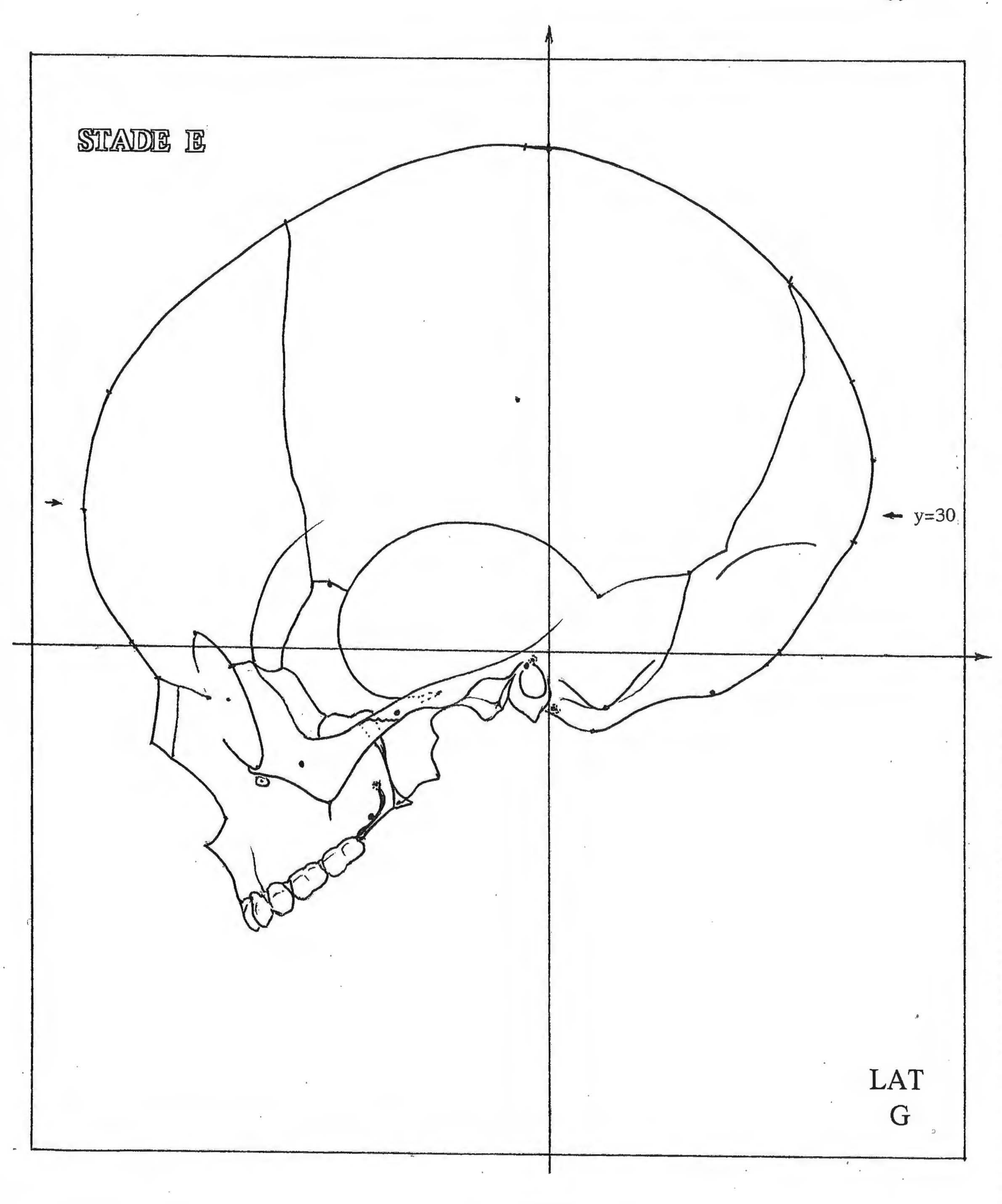
STADE D2


50mm
(me) (po)
section
à y=35mm
cra
crp
pti
gr
S
ov
spi
(sp)
VIII
ba
pii
asti
op
D-SUP
per (vi) (ve)
ai ae ci ce
(os)
(oit)
(oif)
(oex)
(cpp)
ov
tda
car
coi
oex
per
sp
VII
G-INF
coe tdp J mas

STADE D2

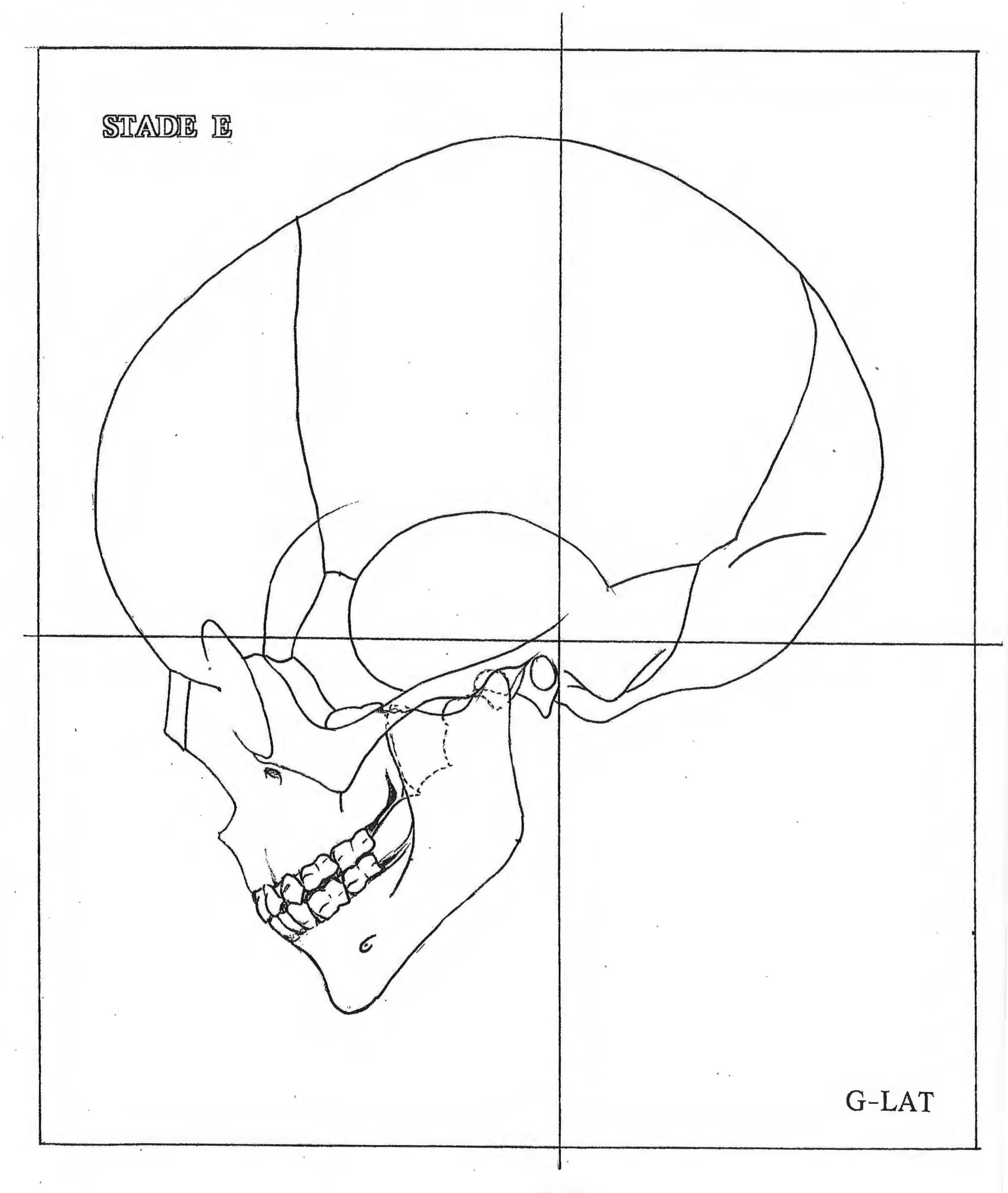

SUP
G
me
50mm
ANT
G
me
cor
pai
tm
pog
ci
cm
ce
LAT
G
tm
ce
cm
me
go
pai
MÉD
D
cor
cm
ci
spx
id
B
pog/si
POST
G
me
spx
G-INF
ce
me
id
tm
cm
go
dents lactéales
STADE D2

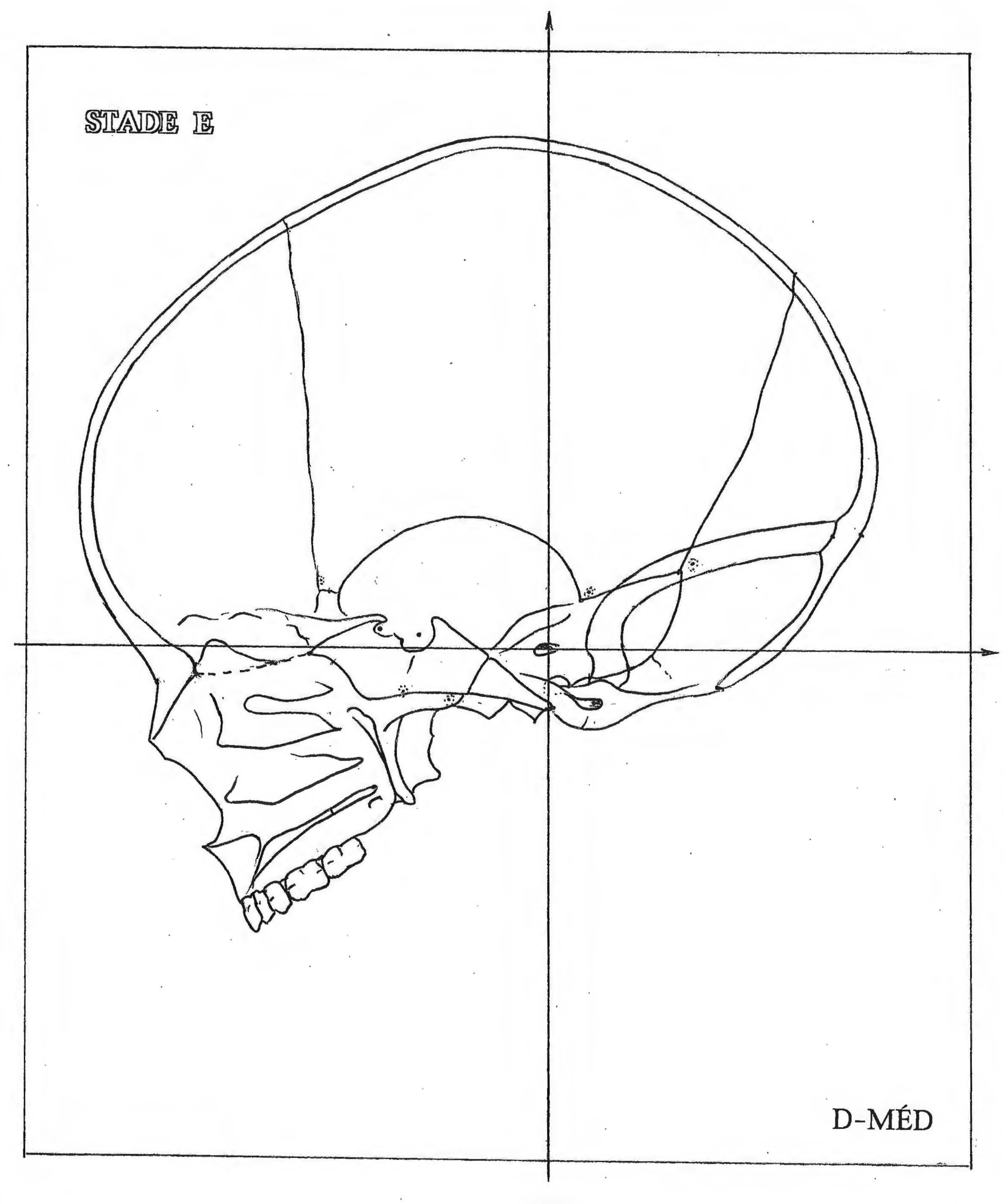
# STADE E

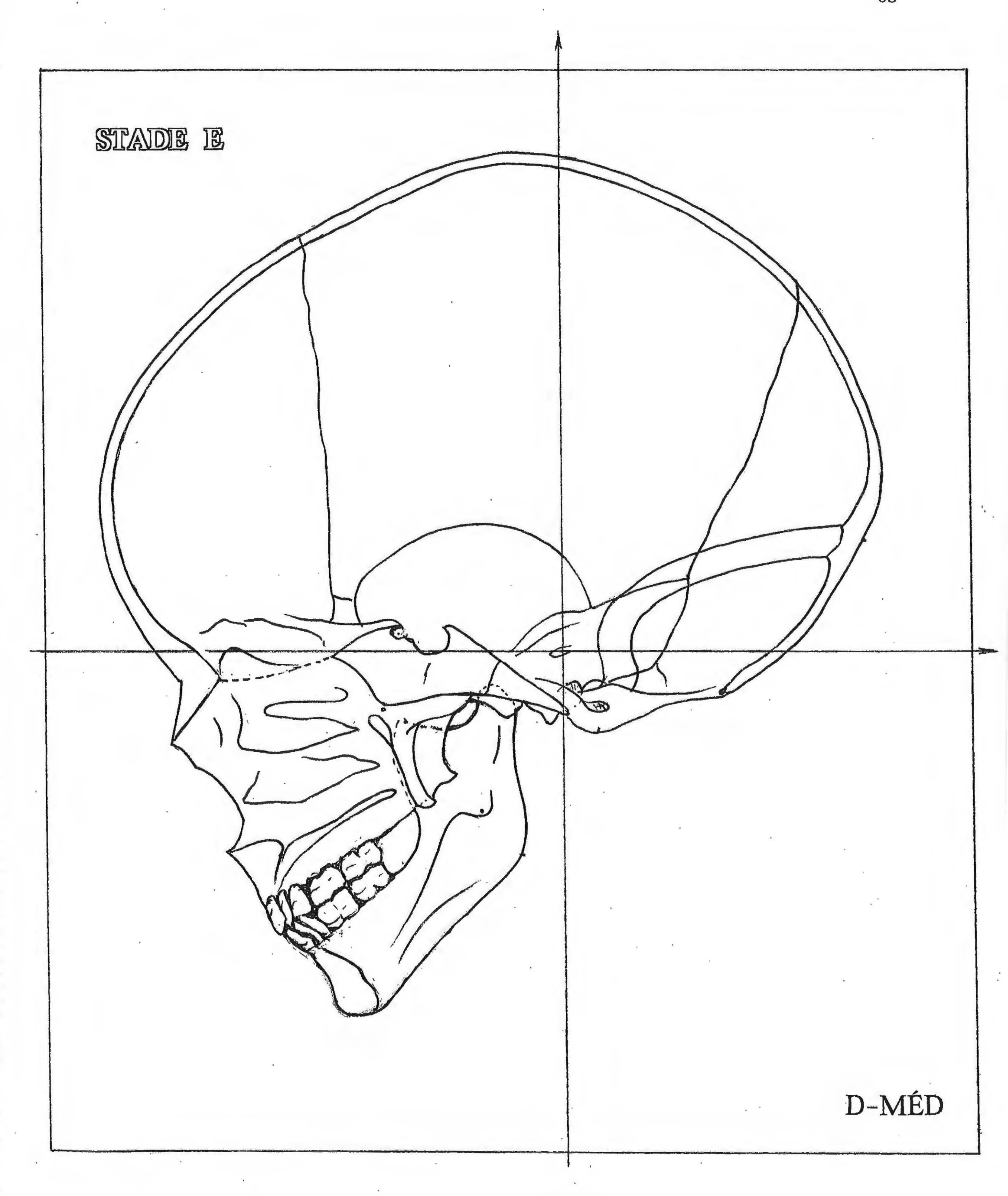


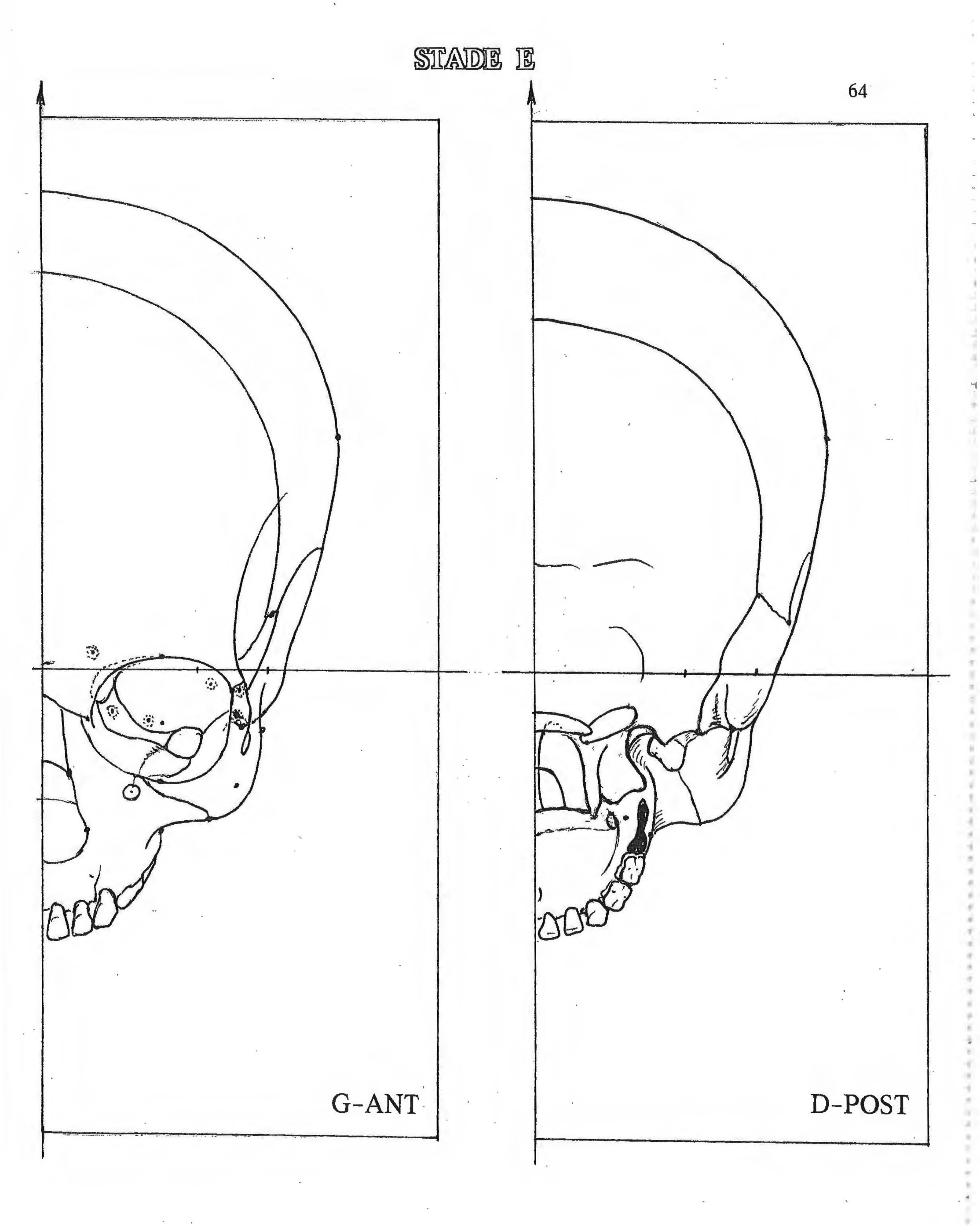

dents lactéales

50mm


STADE E
G-LAT
50mm


STADE E
D-MÉD
50mm


STADE E
D-MÉD
50mm


STADE E
G-ANT
D-POST
50mm

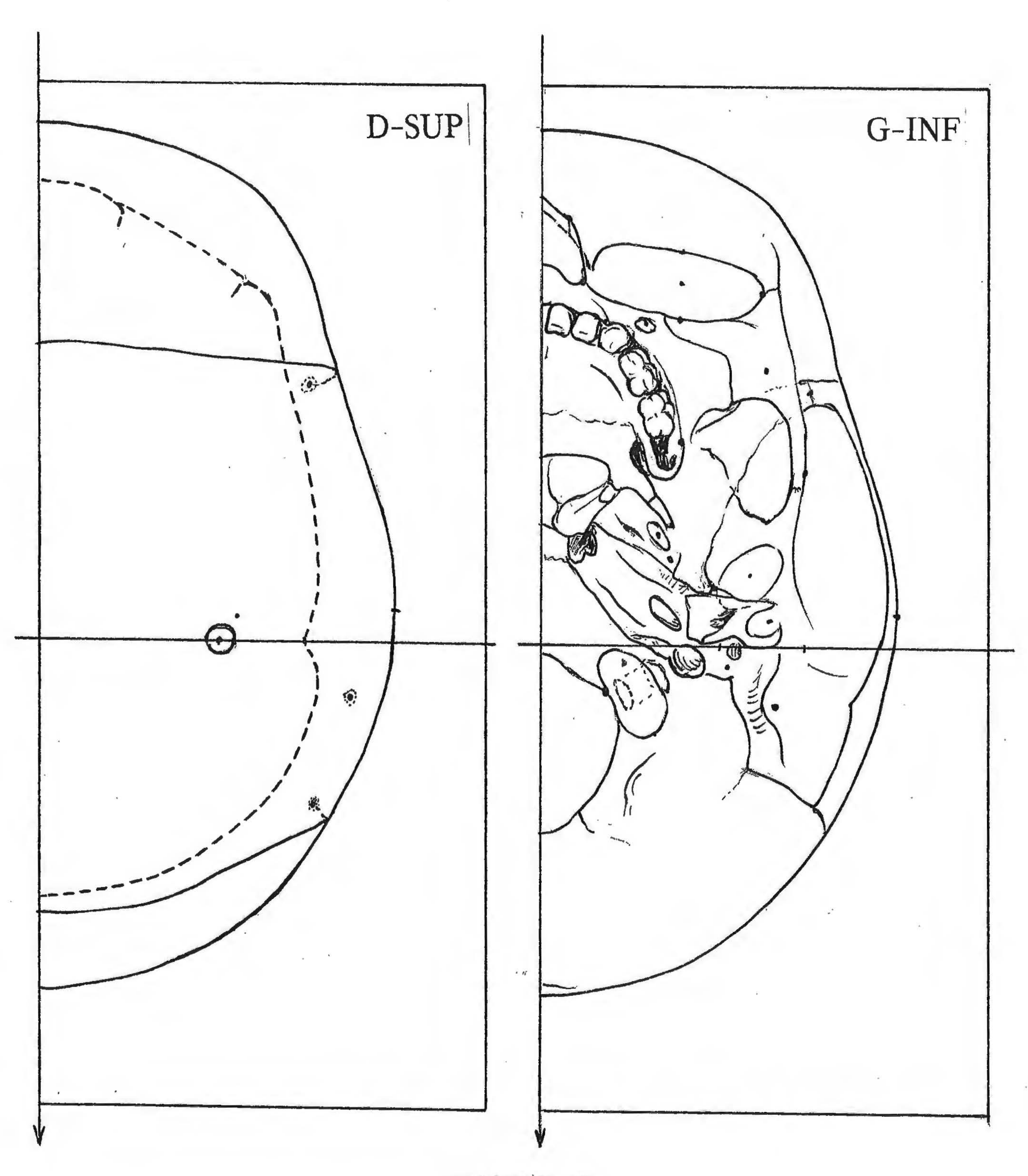


# STADE E

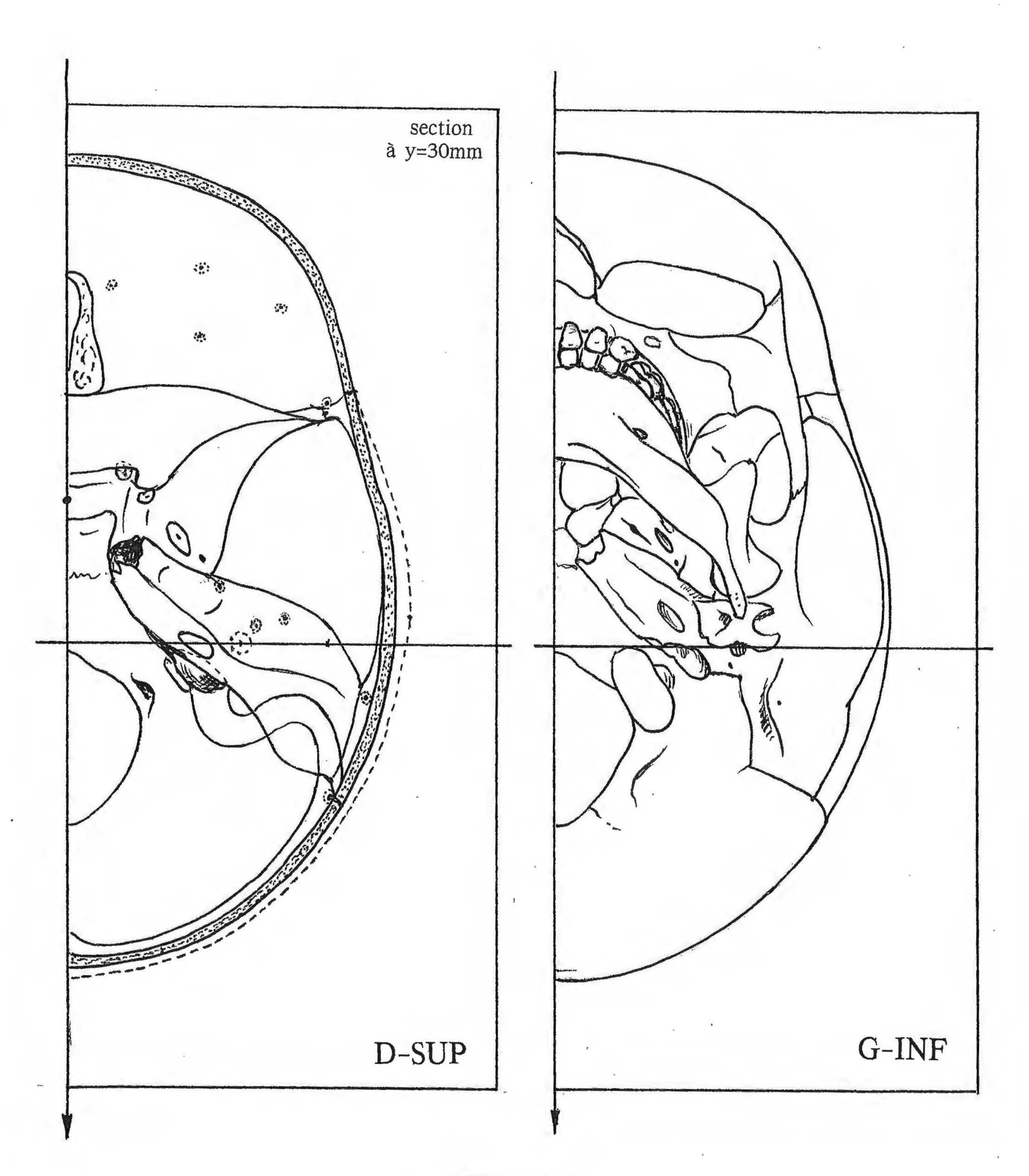
G-ANT

D-POST

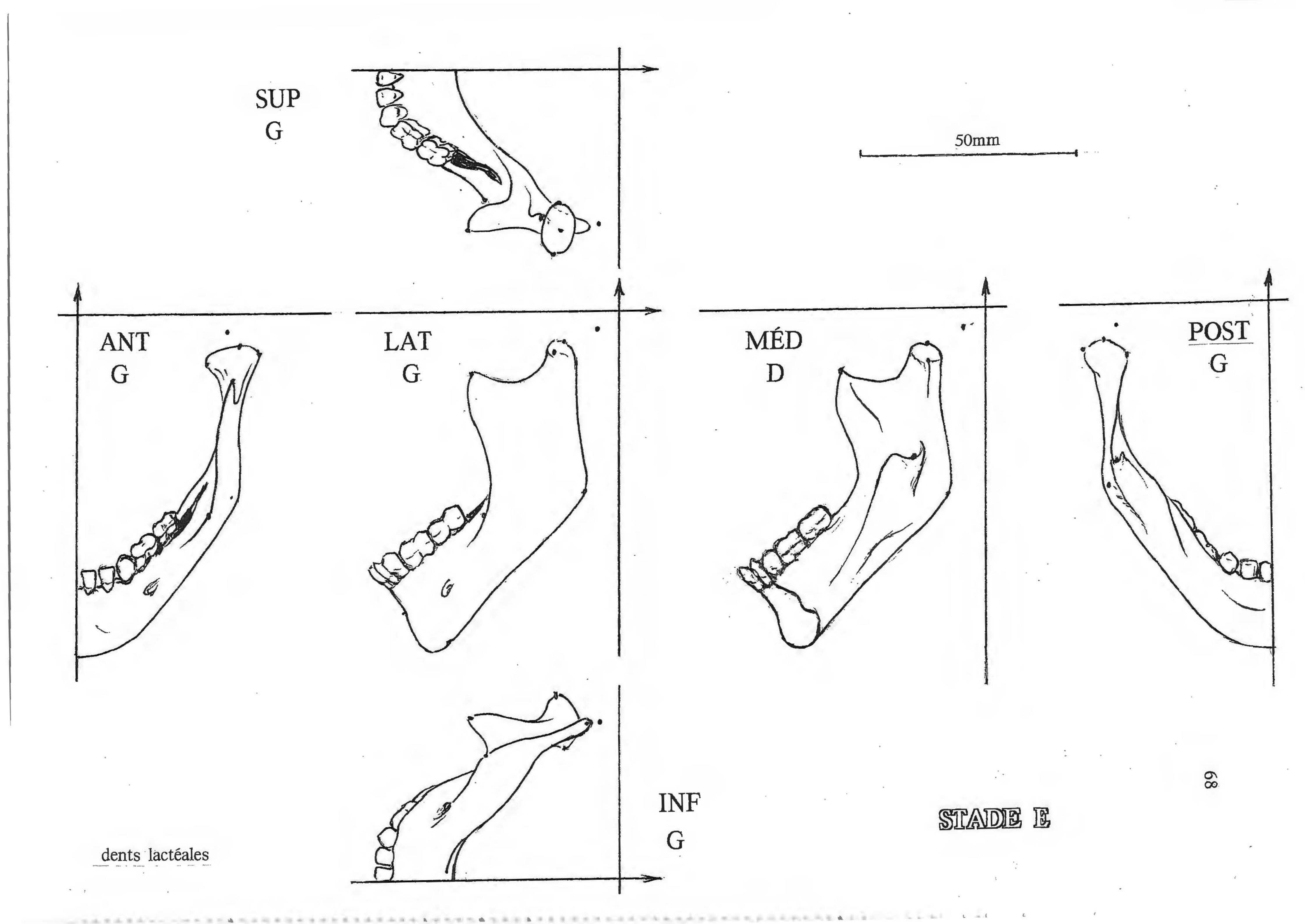
50mm




STADE E




STADE E


SUP
G
50mm
ANT
G
LAT
G
MÉD
D
POST
G
INF
G
STADE E
dents lactéales

# STADE F



STADE F

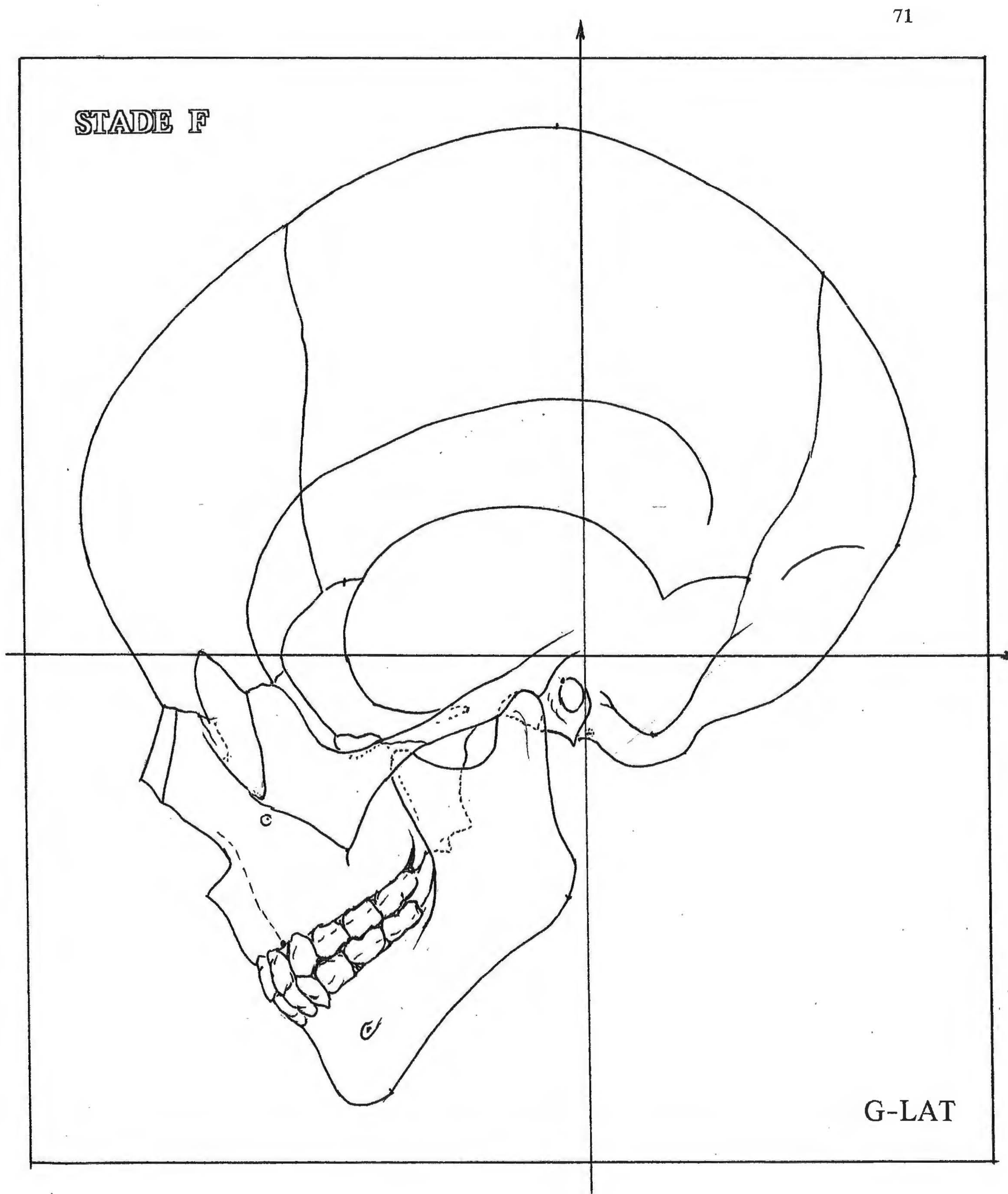
y=30

p p l l l p

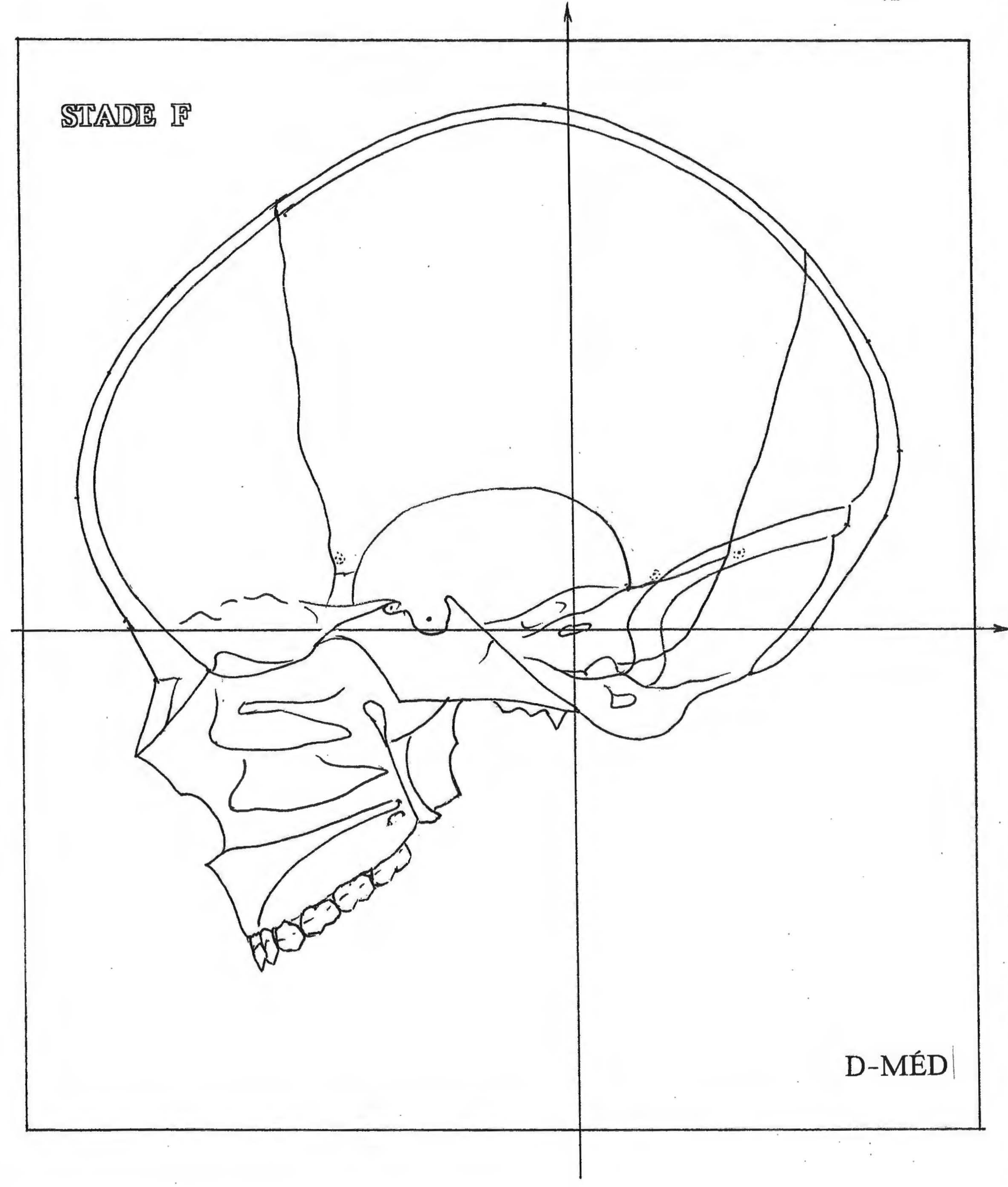
G-LAT

(l=lactéales, p=permanentes)

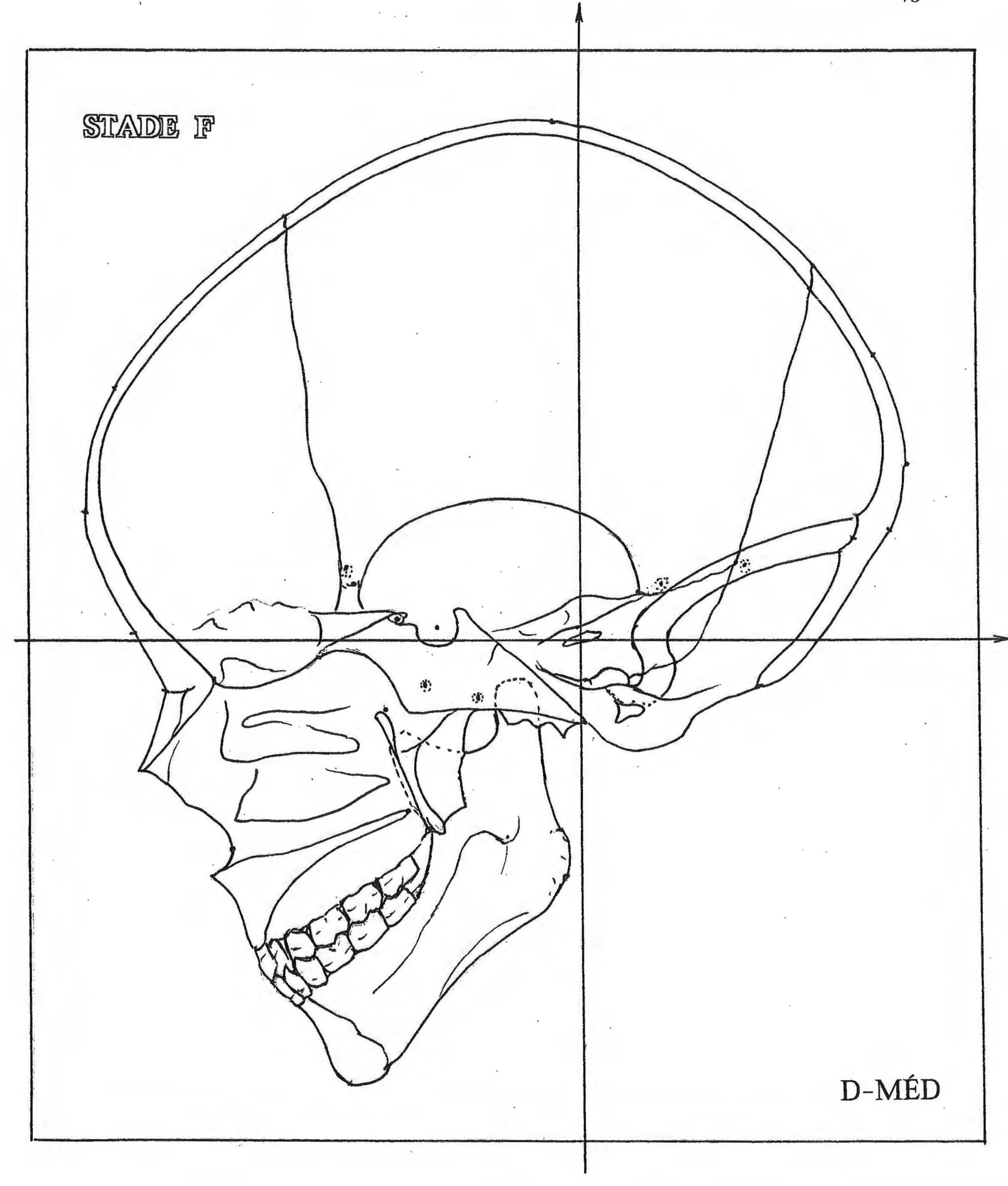
50mm

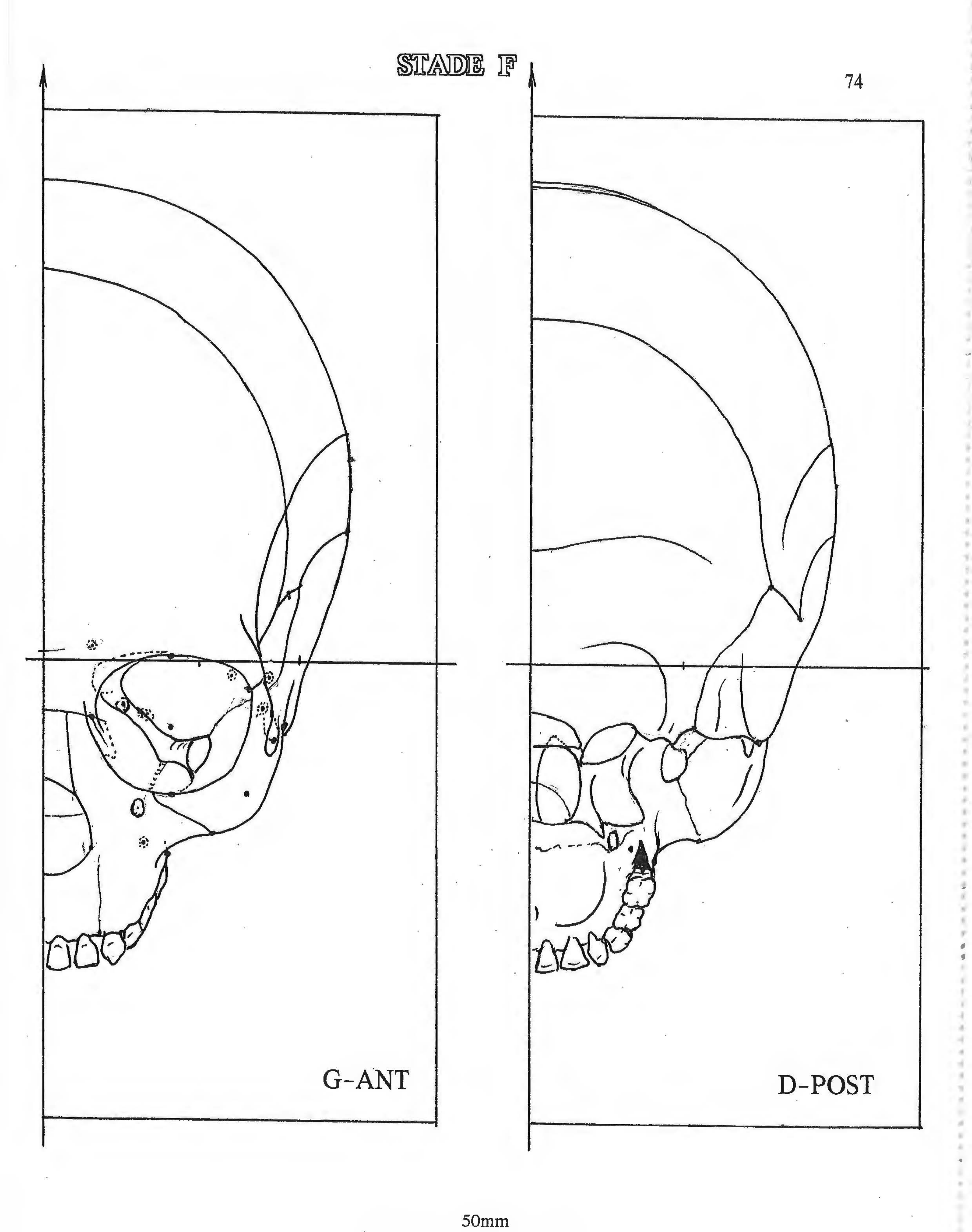


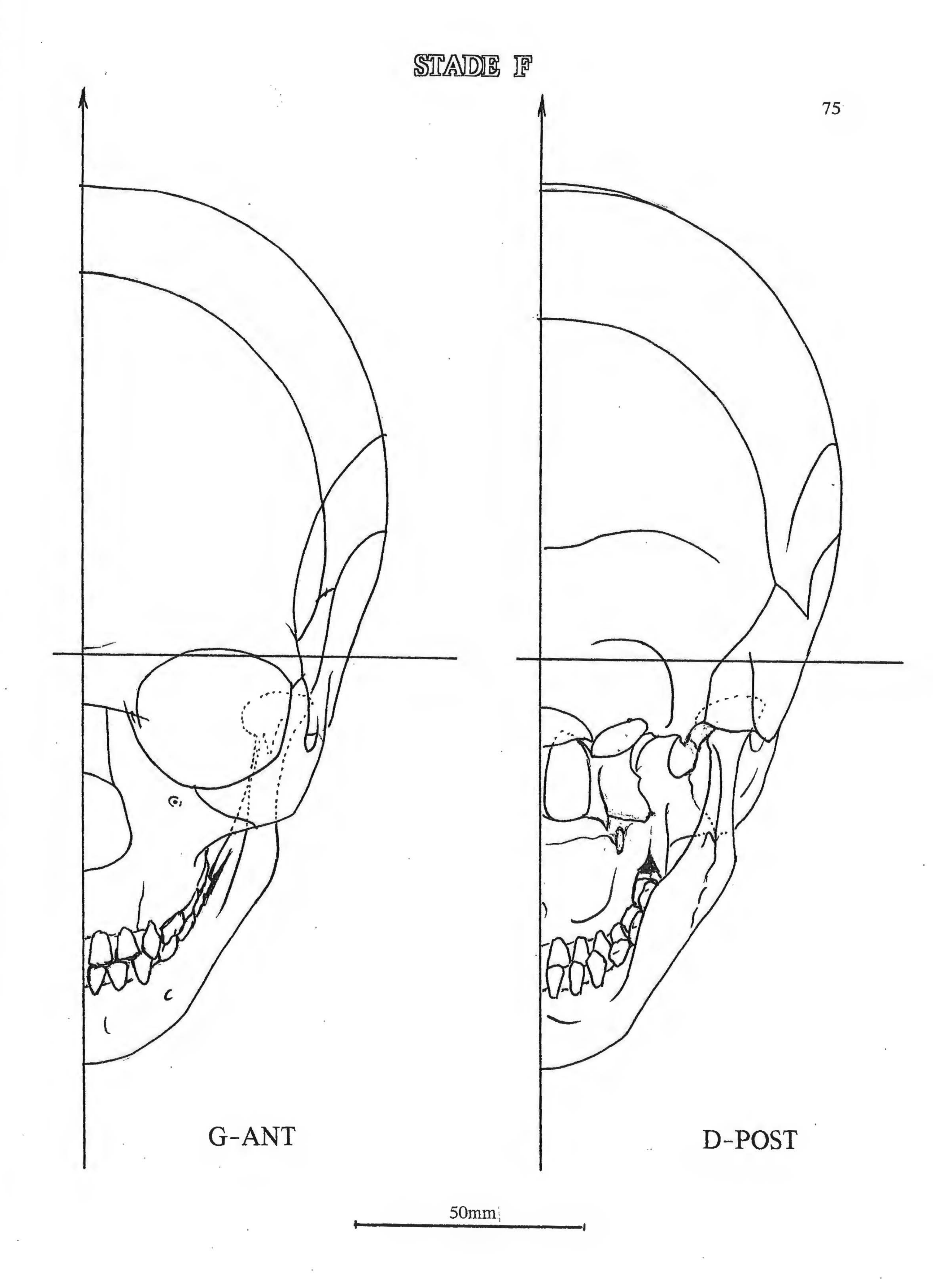

50mm

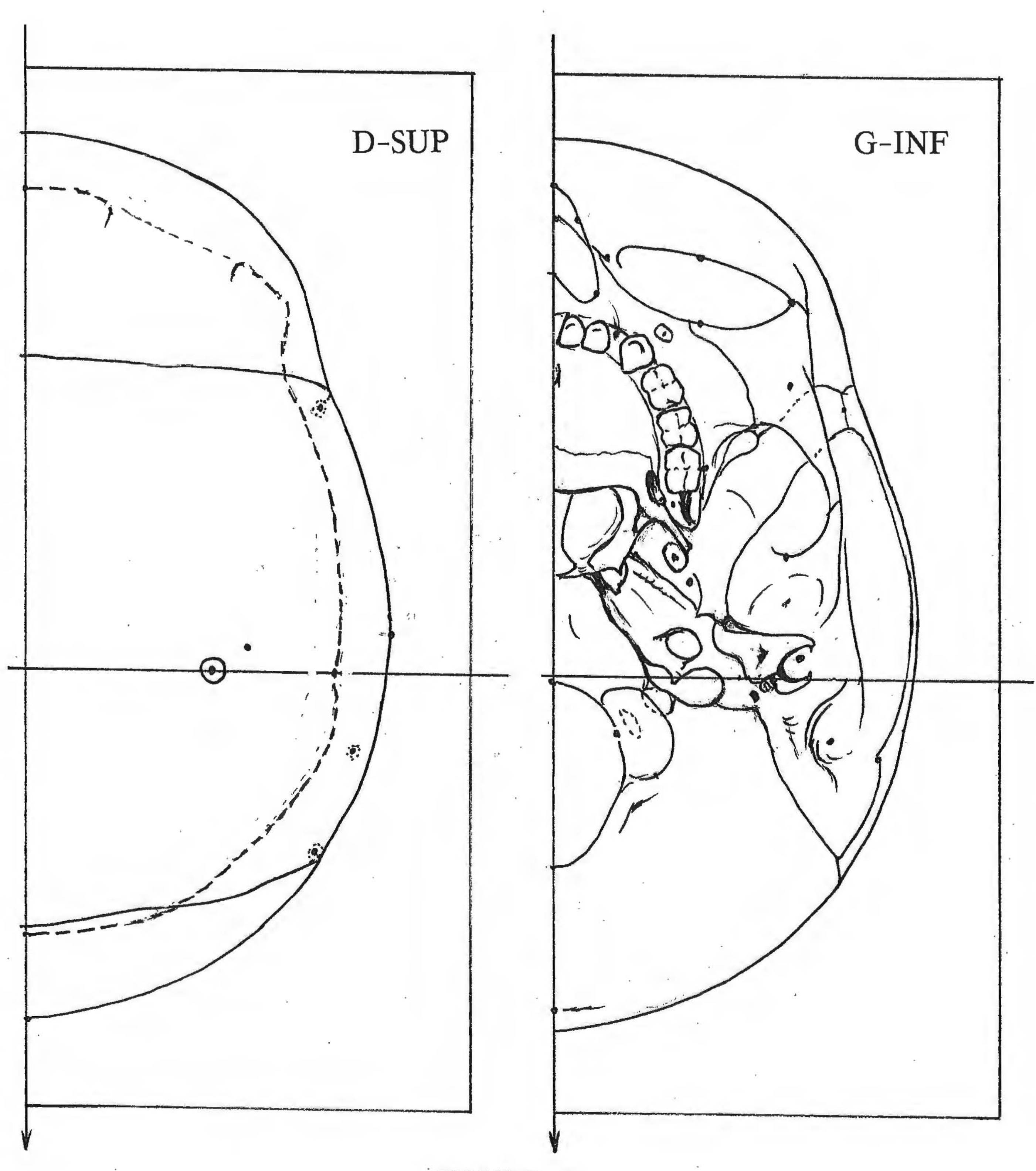



50mm

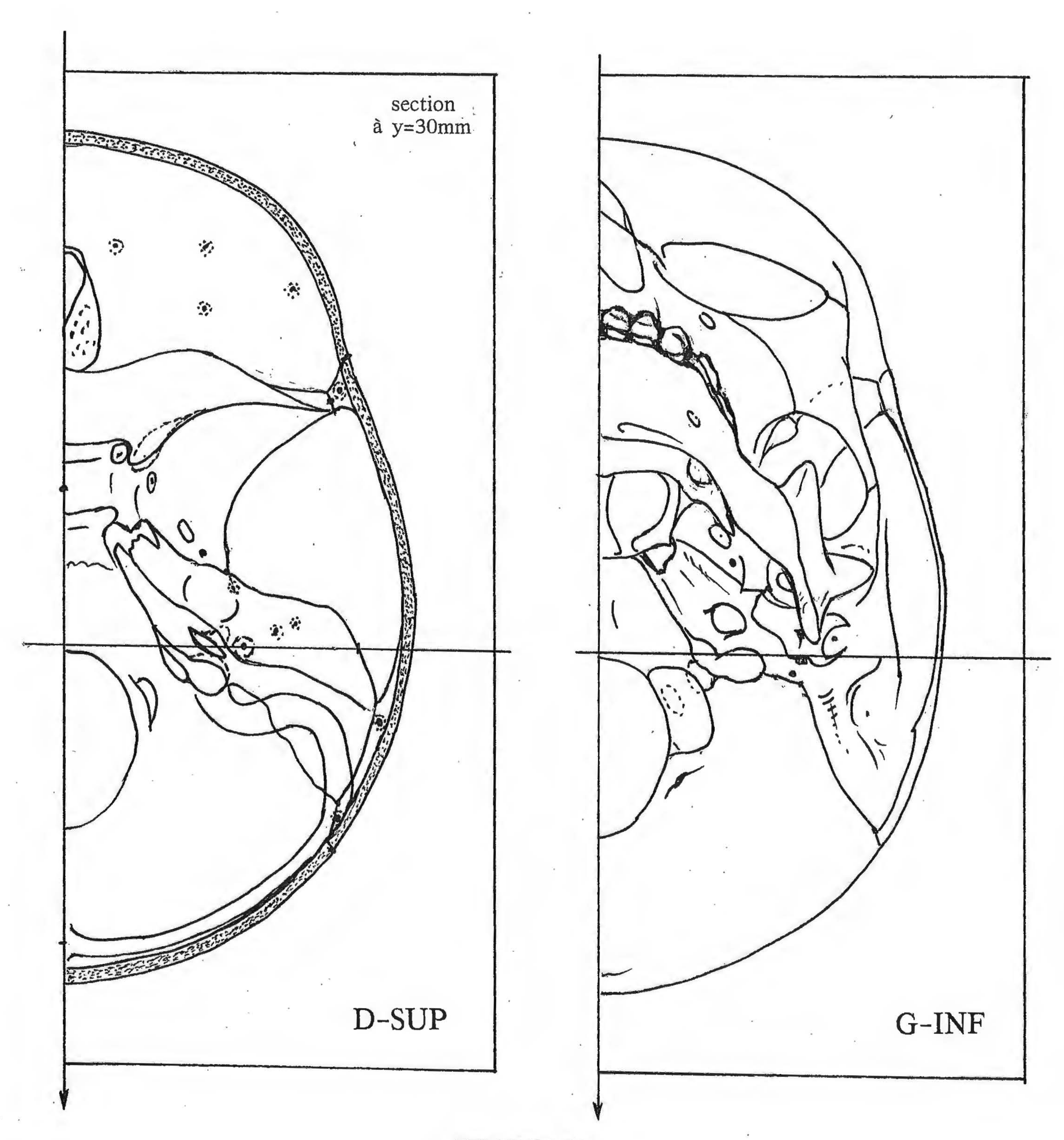

STADE F
D-MÉD
50mm


STADE F
G-ANT
D-POST
50mm

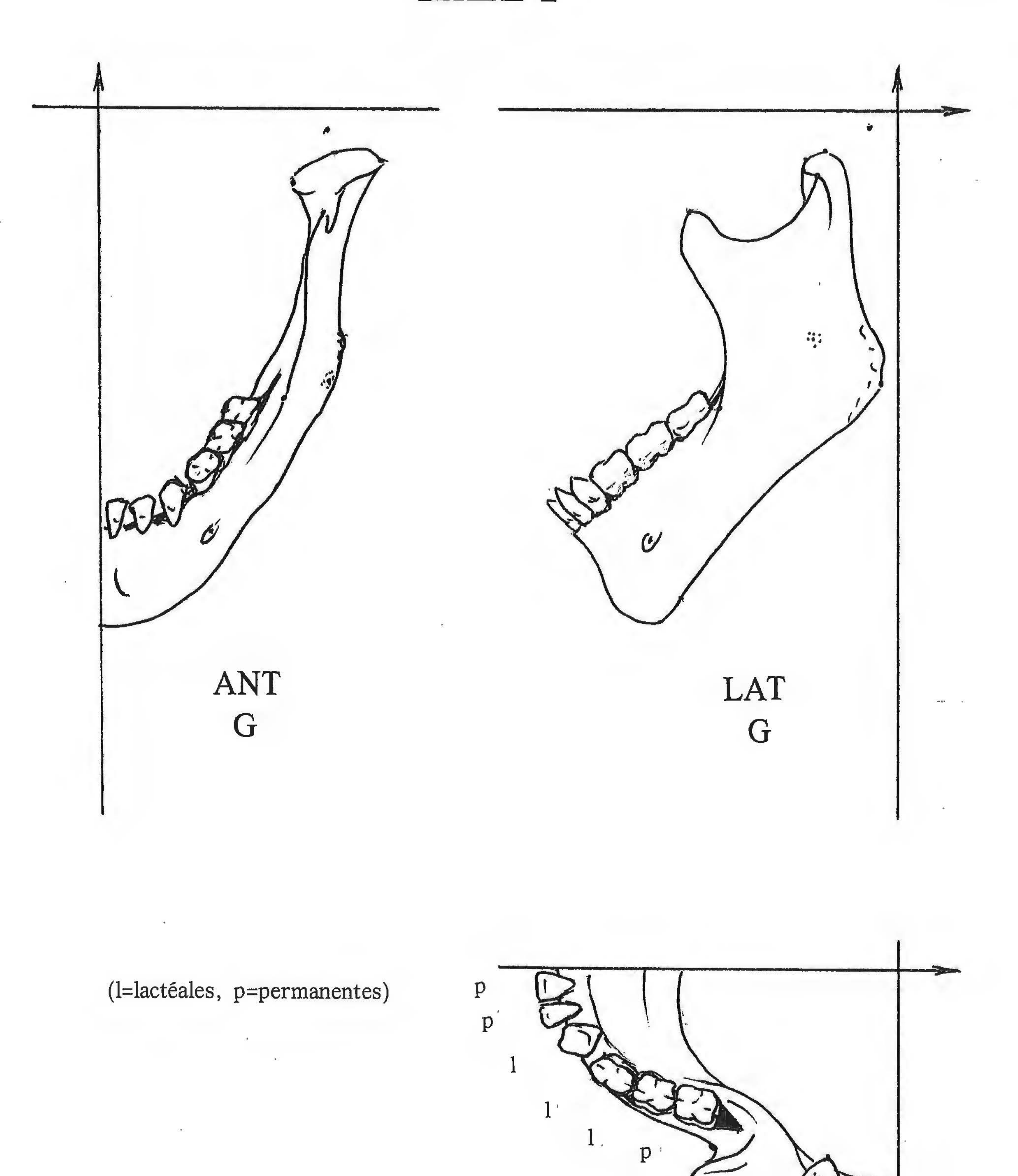

STADE F
G-ANT
D-POST
50mm



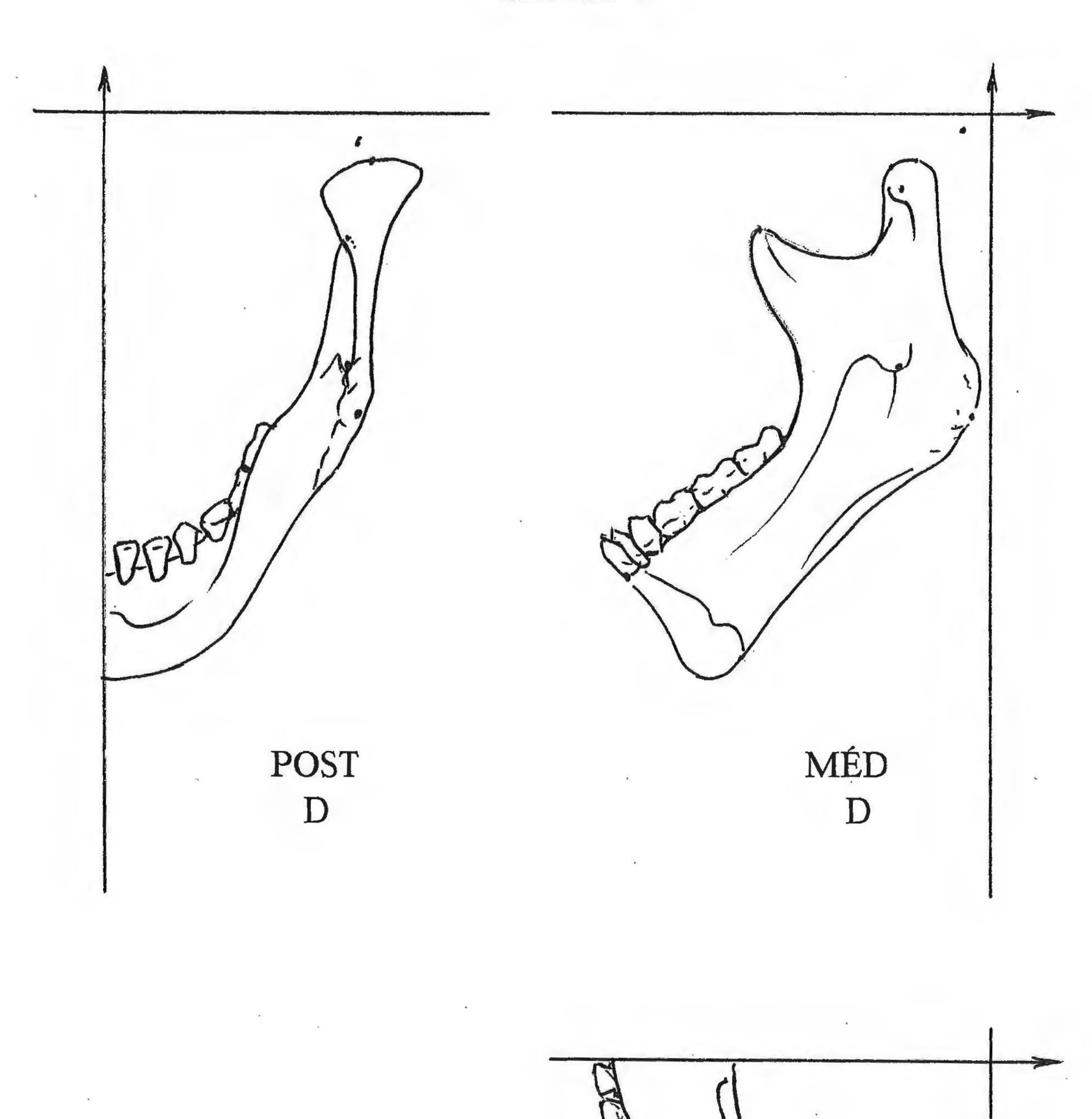

STADE F




STADE F



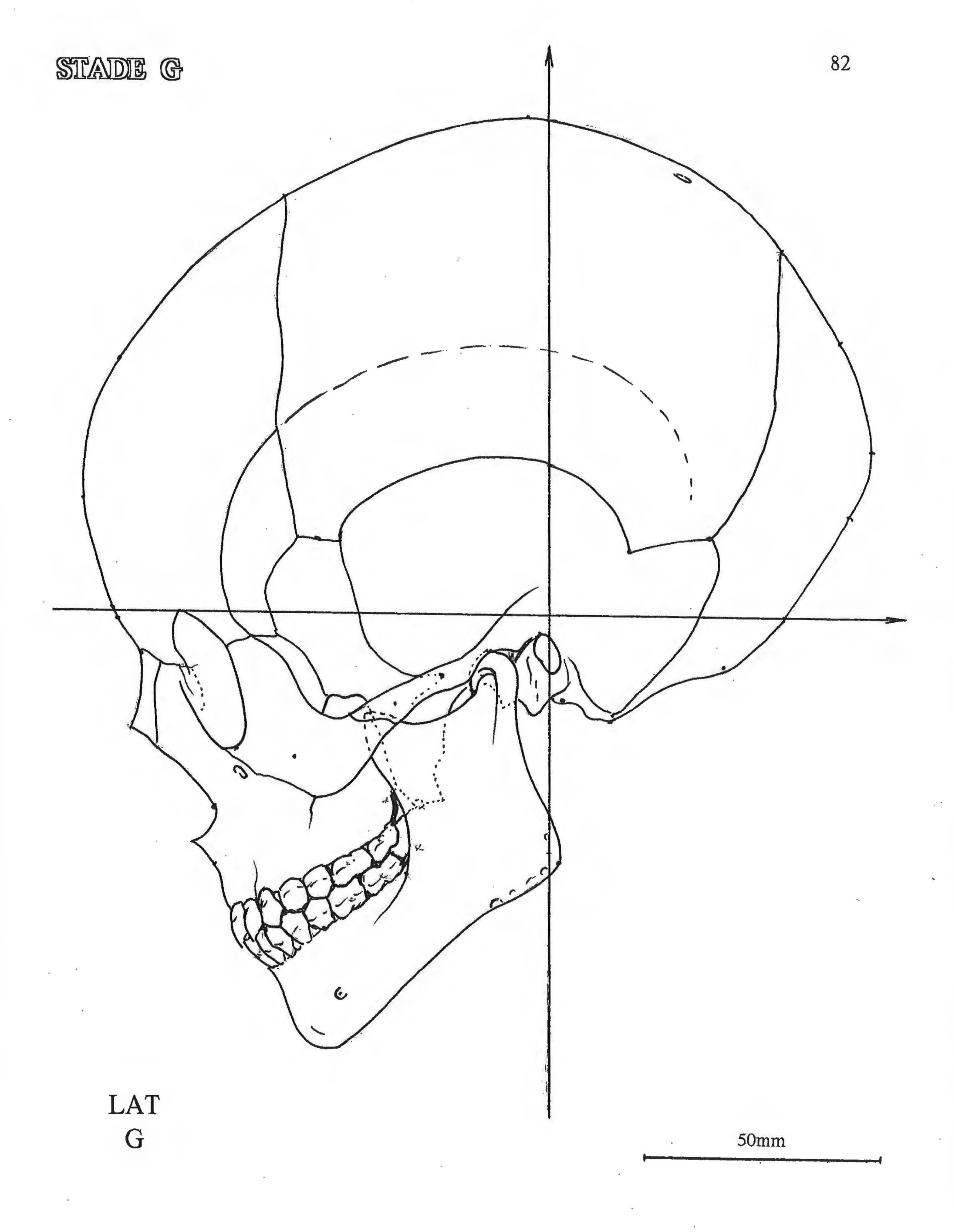

SUP
G




50mm

INF
D

STADE G

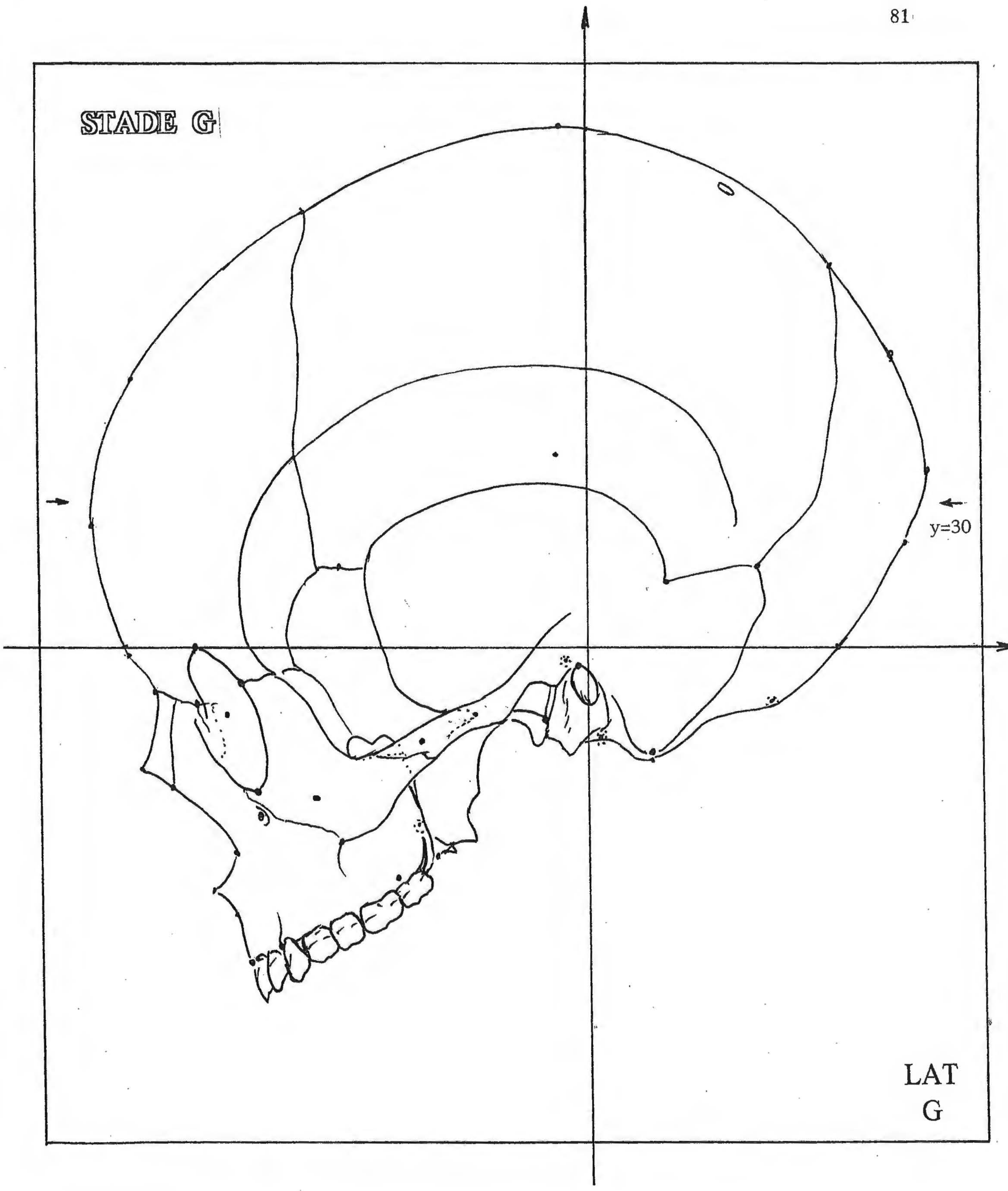


# STADE G

STADE G

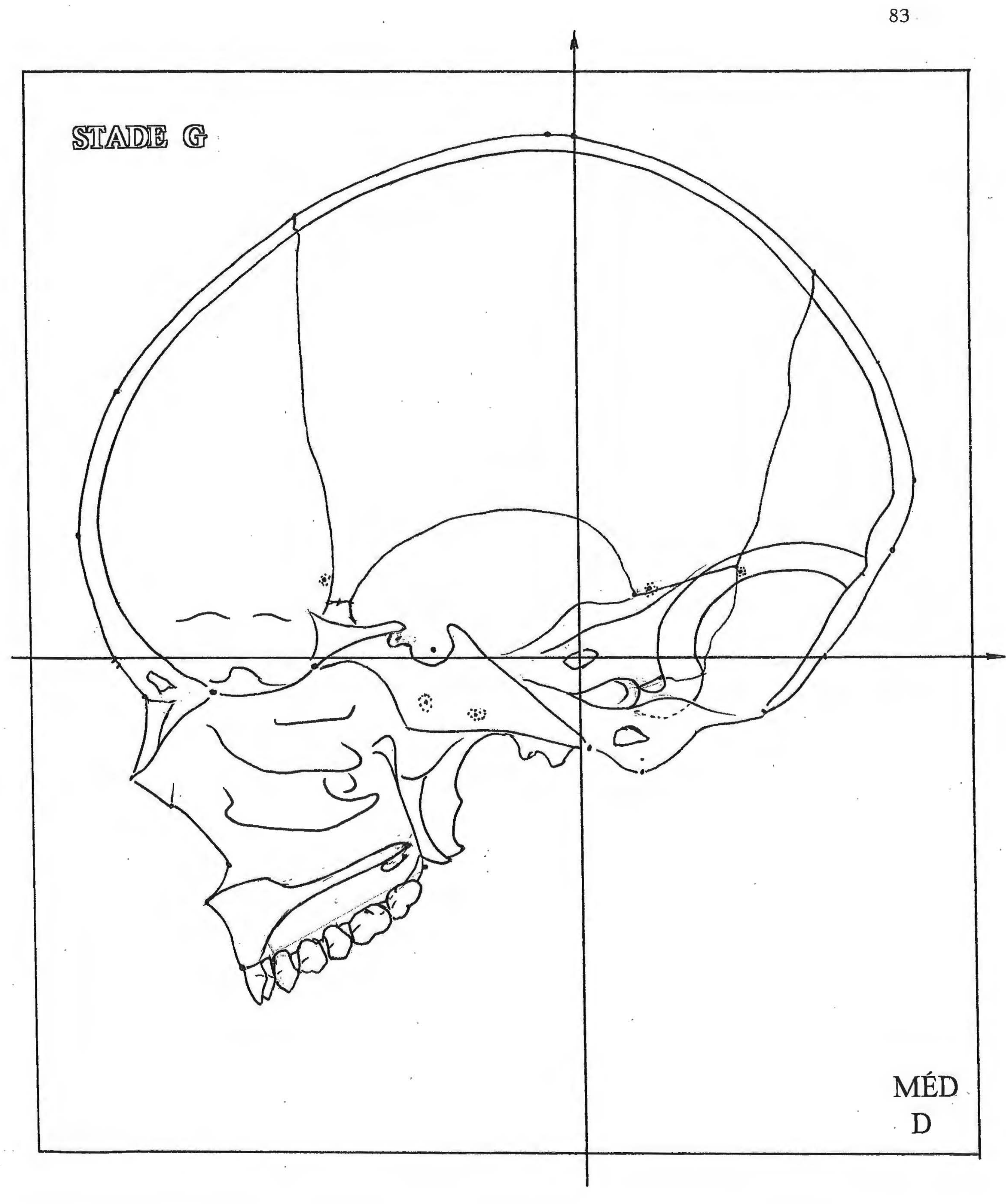
MÉD
D

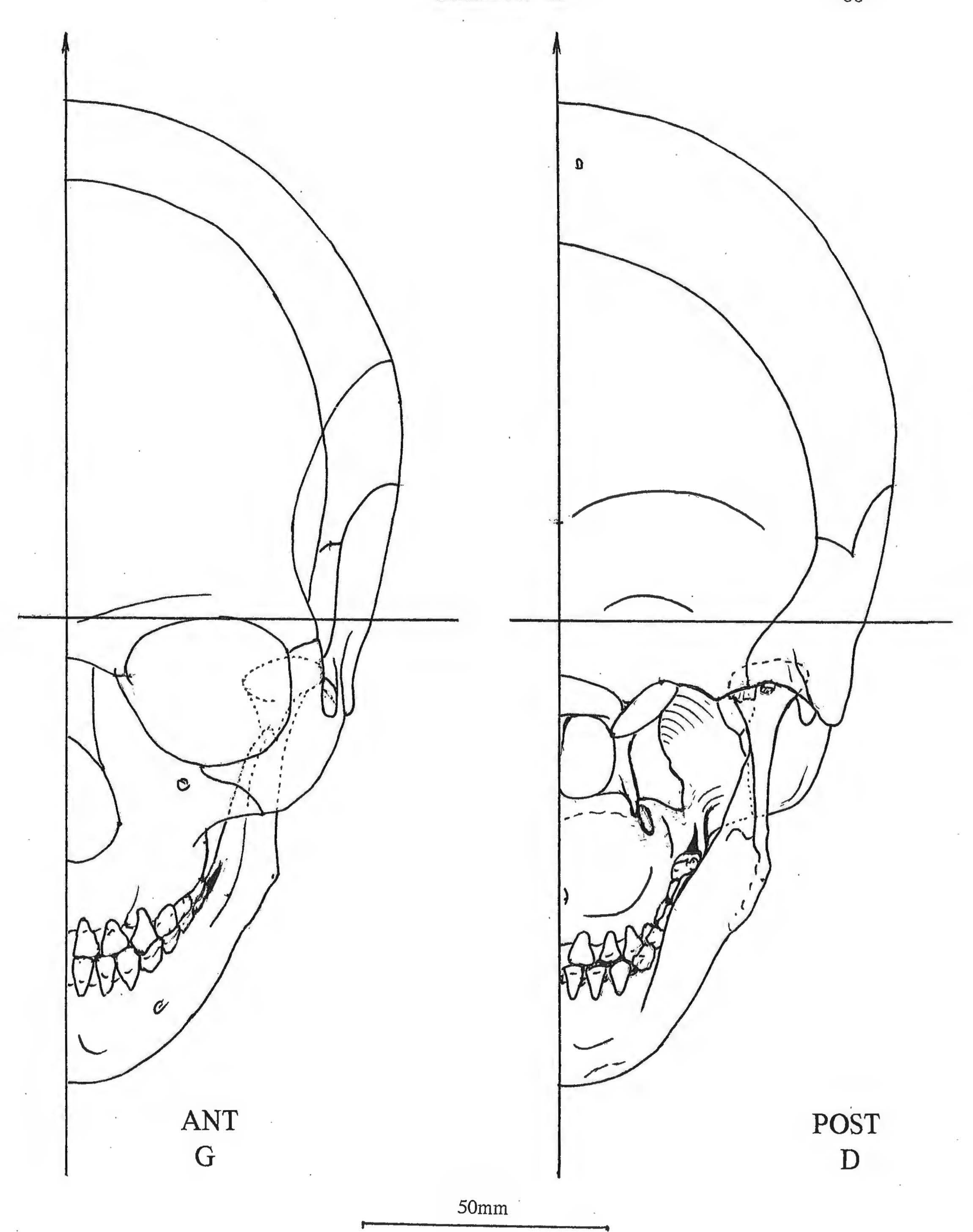
50mm




dents permanentes

50mm


STADE G
MÉD
D
50mm

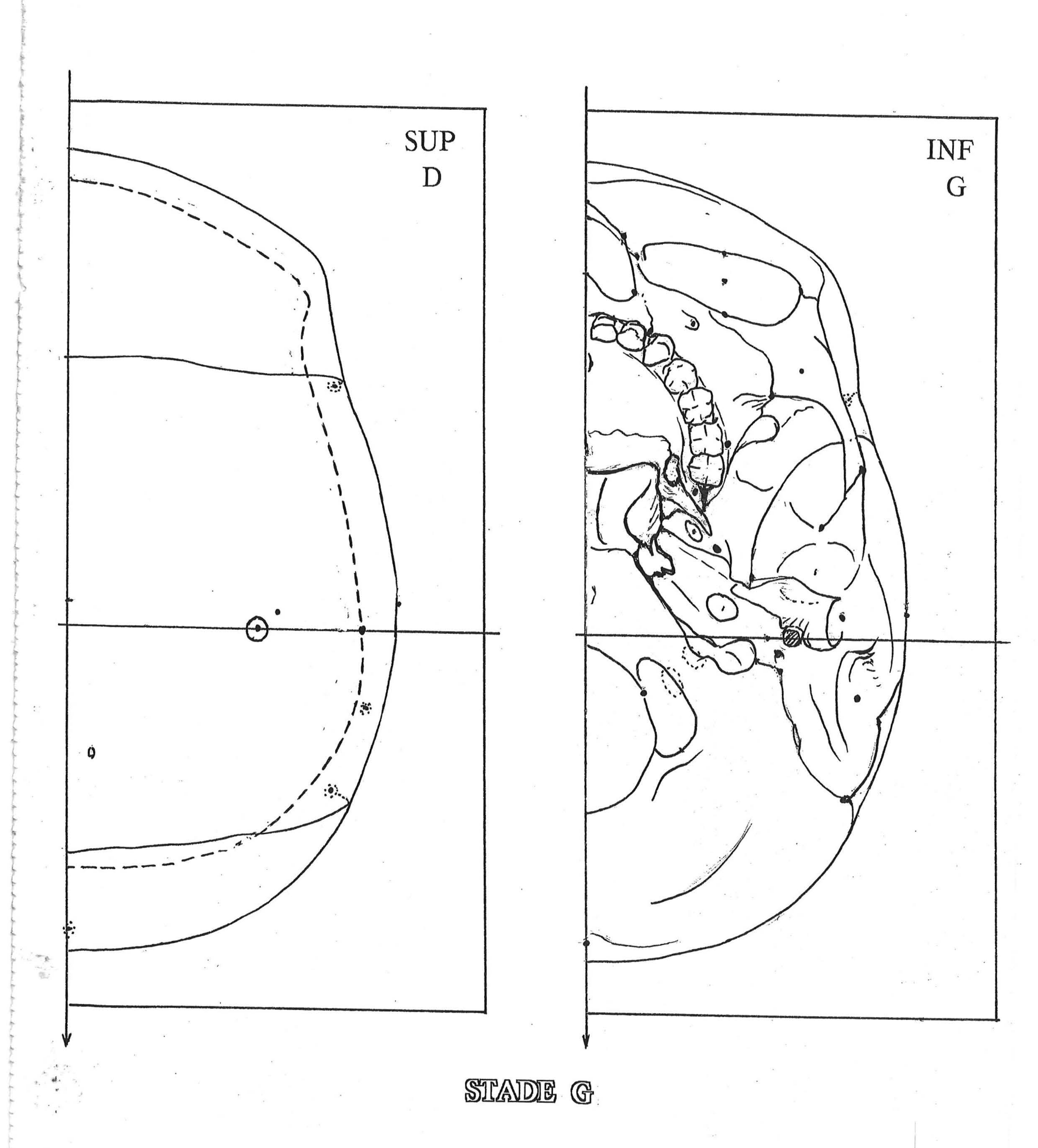

ANT
G
POST
D
50mm

# STADE G

ANT
G

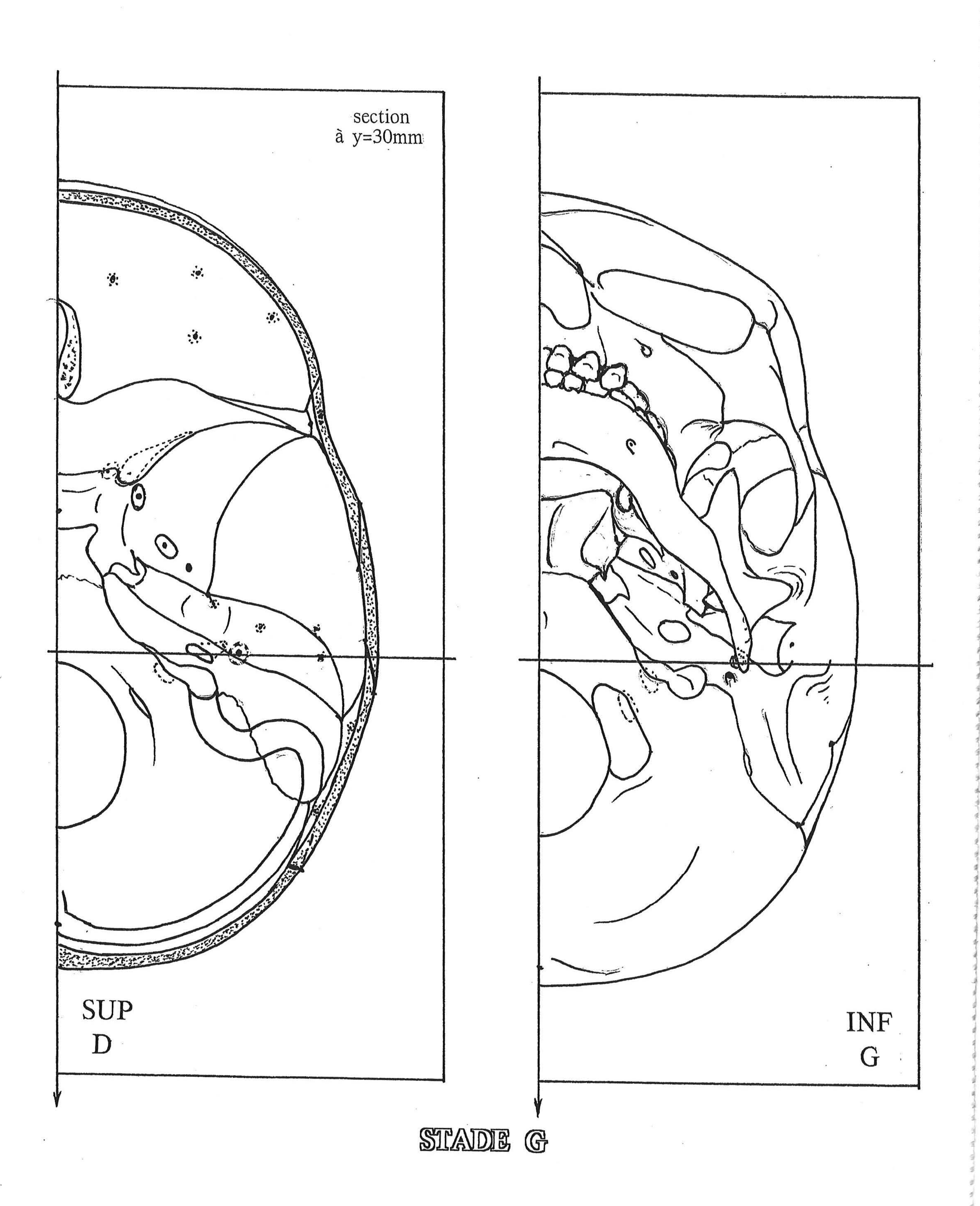
POST
D

50mm




STADE G

50mm

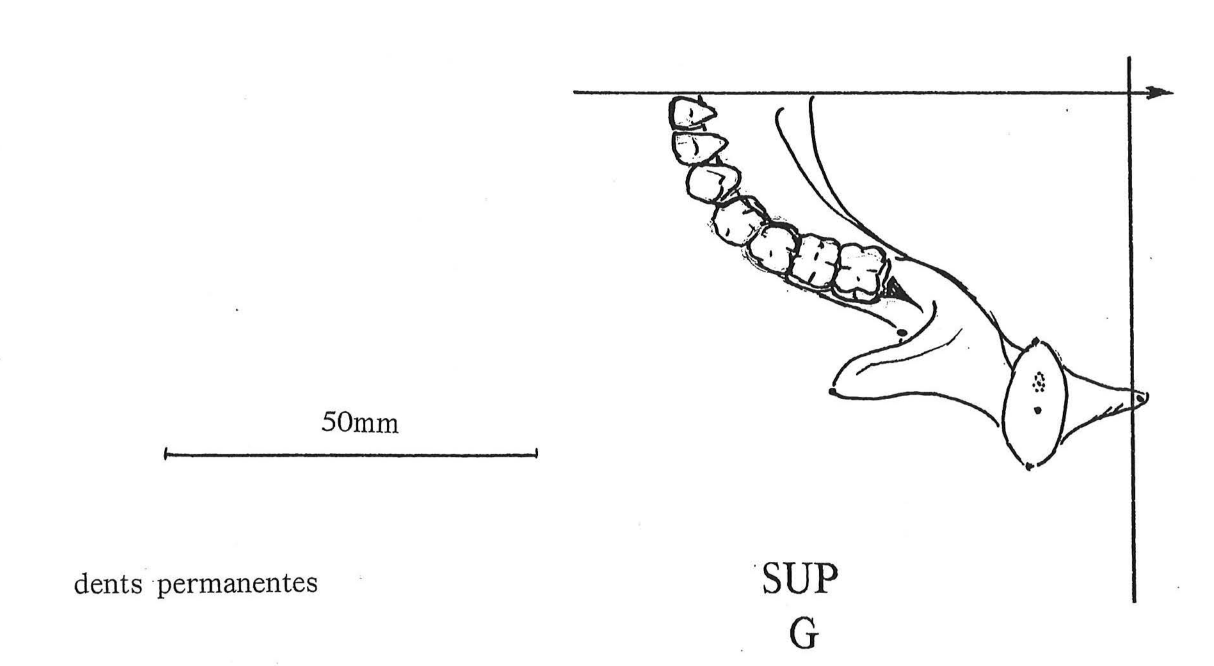



STADE G

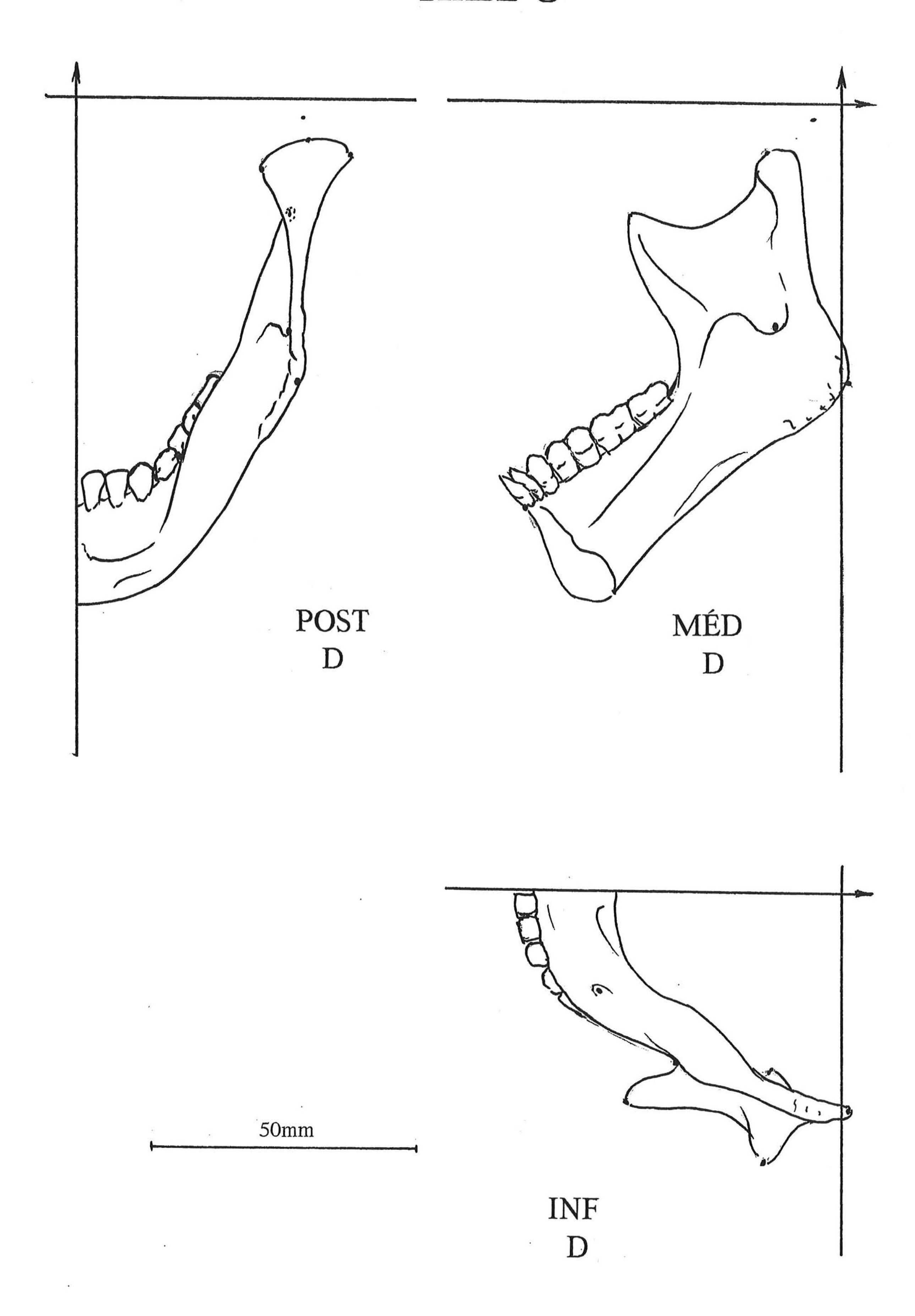
# STADE G

ANT
G

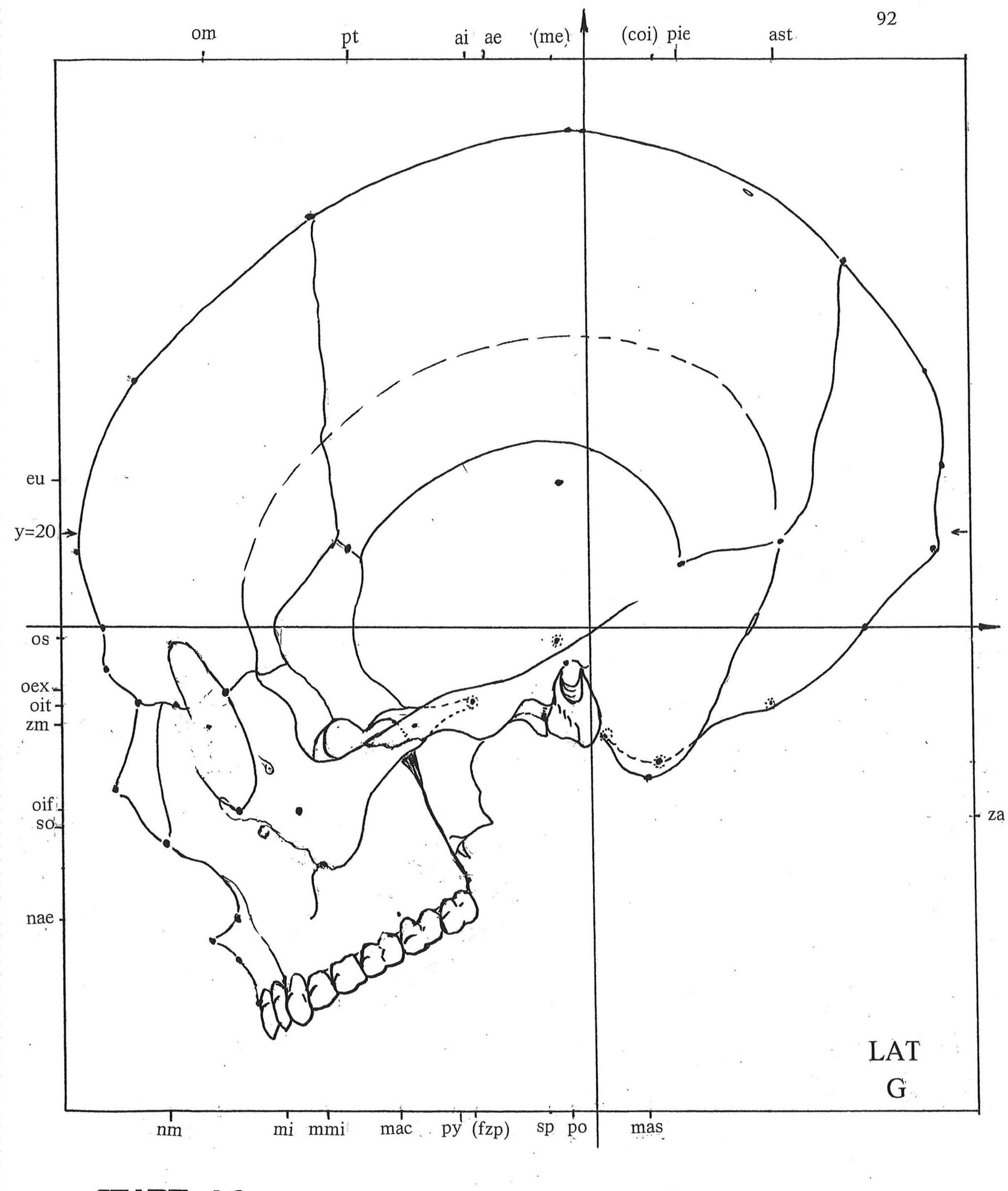
LAT
G




dents permanentes

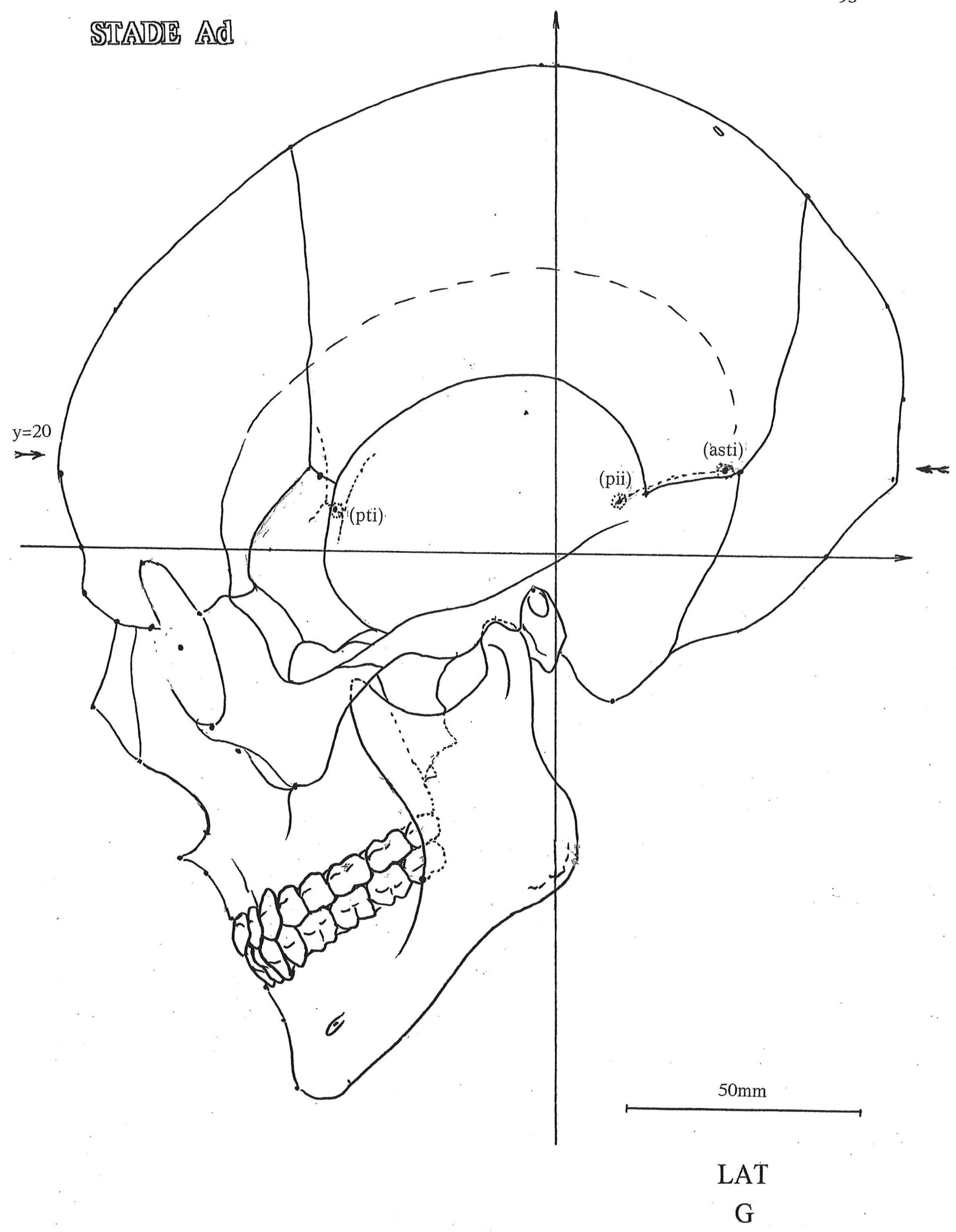

POST
D
MÉD
D
INF
D
50mm

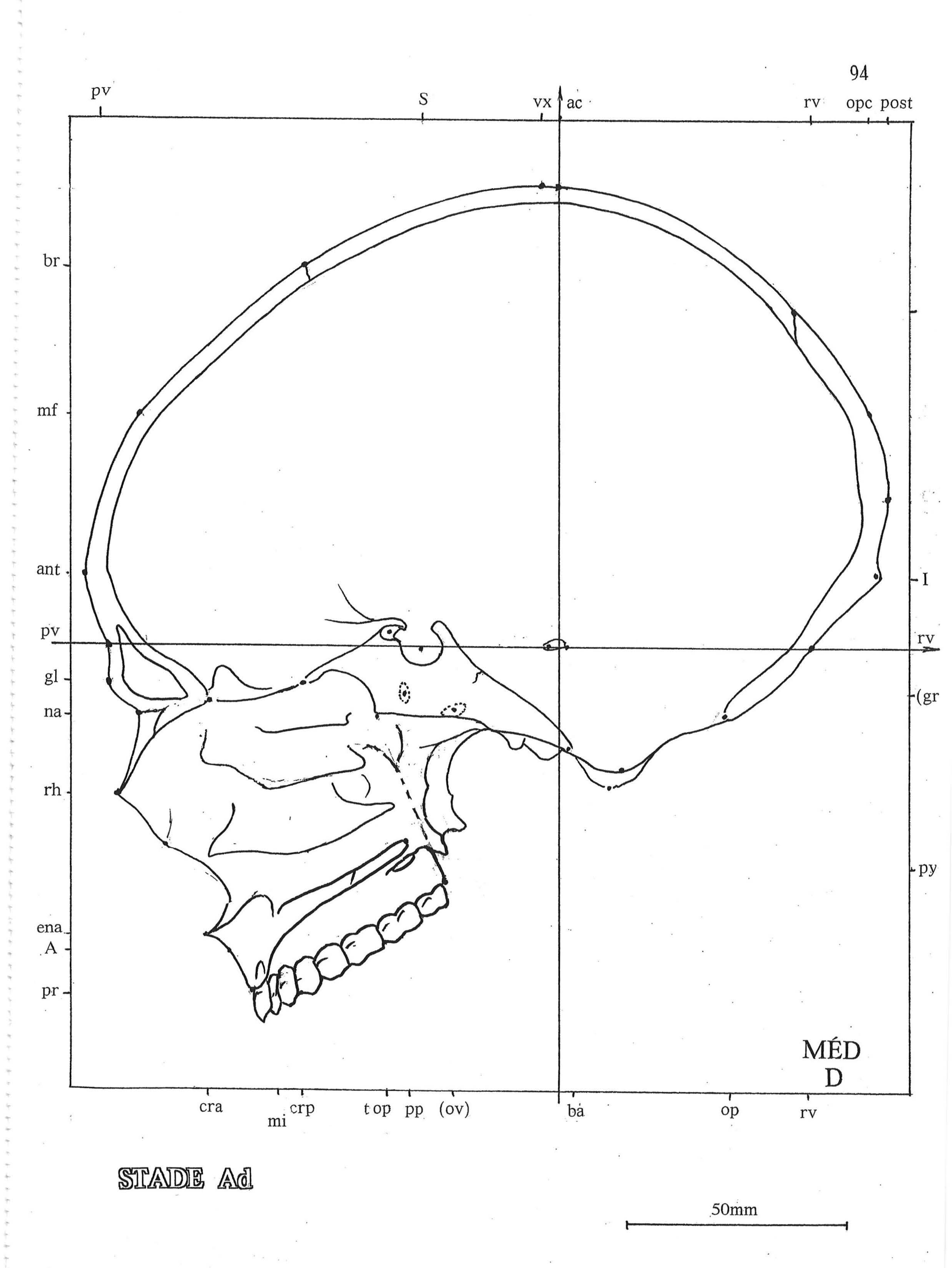
# STADE Ad




STADE Ad

50mm


STADE Ad
y=20
(pti)
(pii)
(asti)
50mm
LAT
G


pv
S
vx
ac
rv
opc
post
br
mf
ant
pv
gl
na
rh
ena
A
pr
I
rv
(gr
py
MÉD
D
cra
mi
crp
t op
pp
(ov)
ba
op
rv
STADE Ad
50mm

STADE Ad

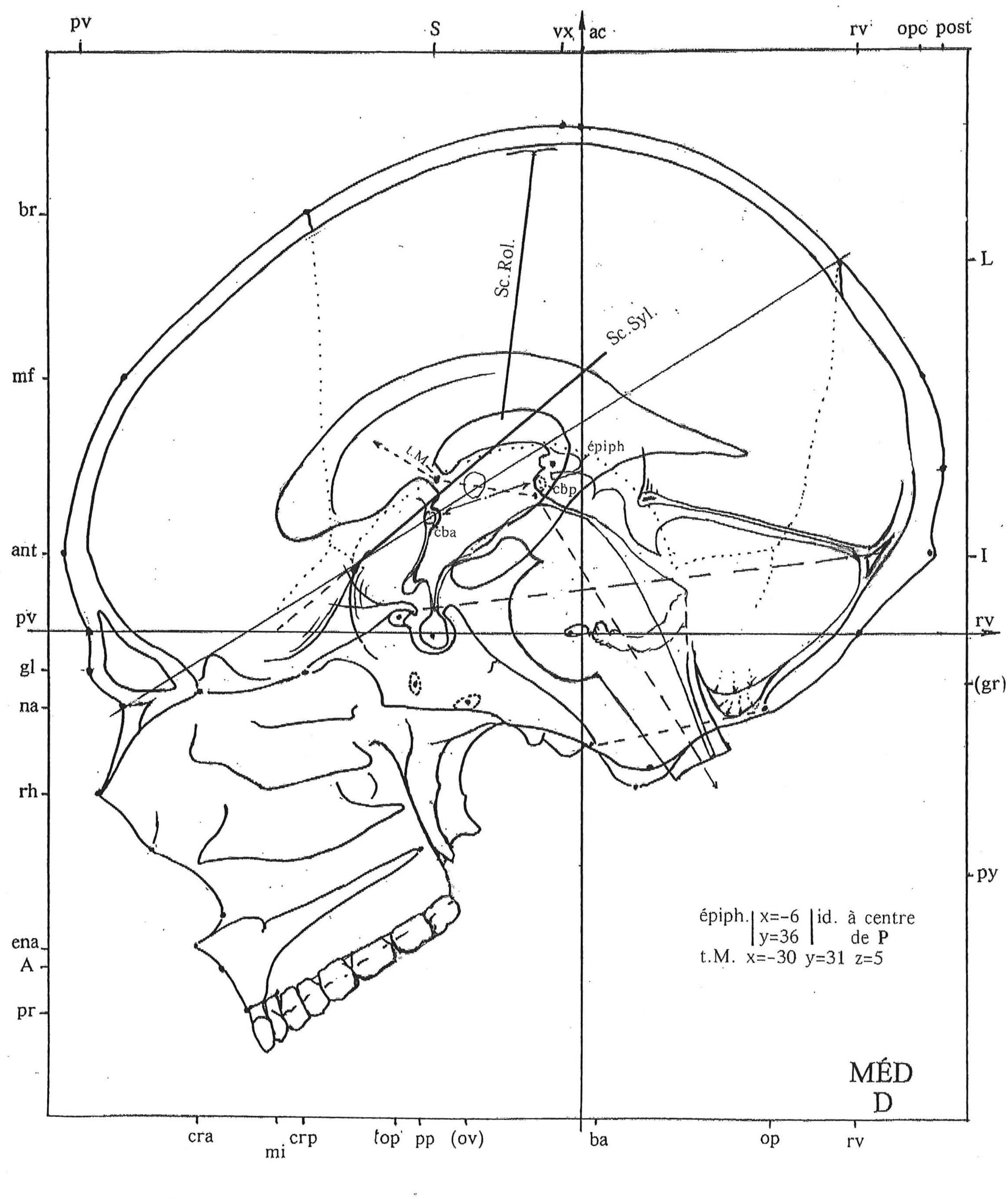


y=20

ei

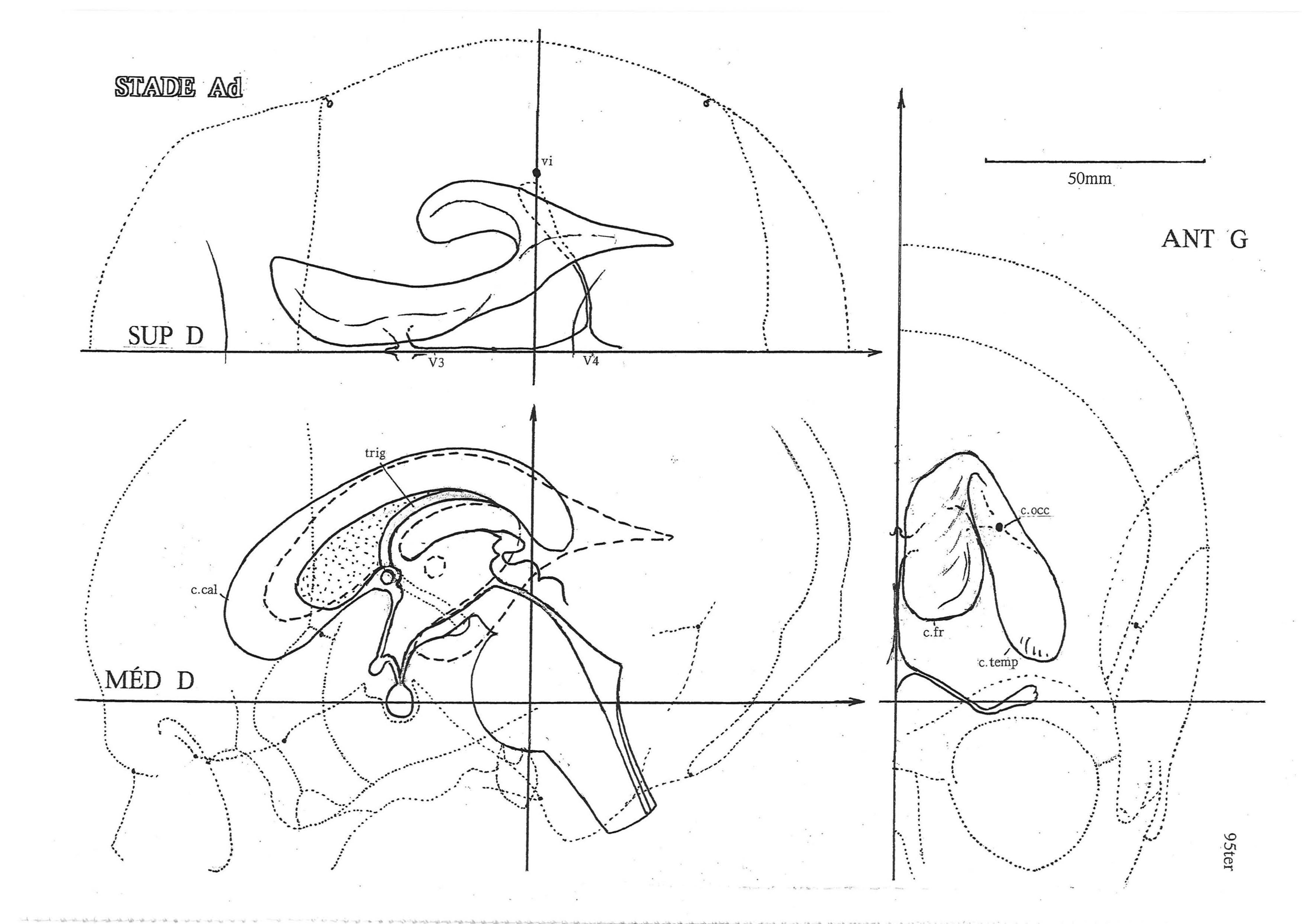
50mm

MÉD
D



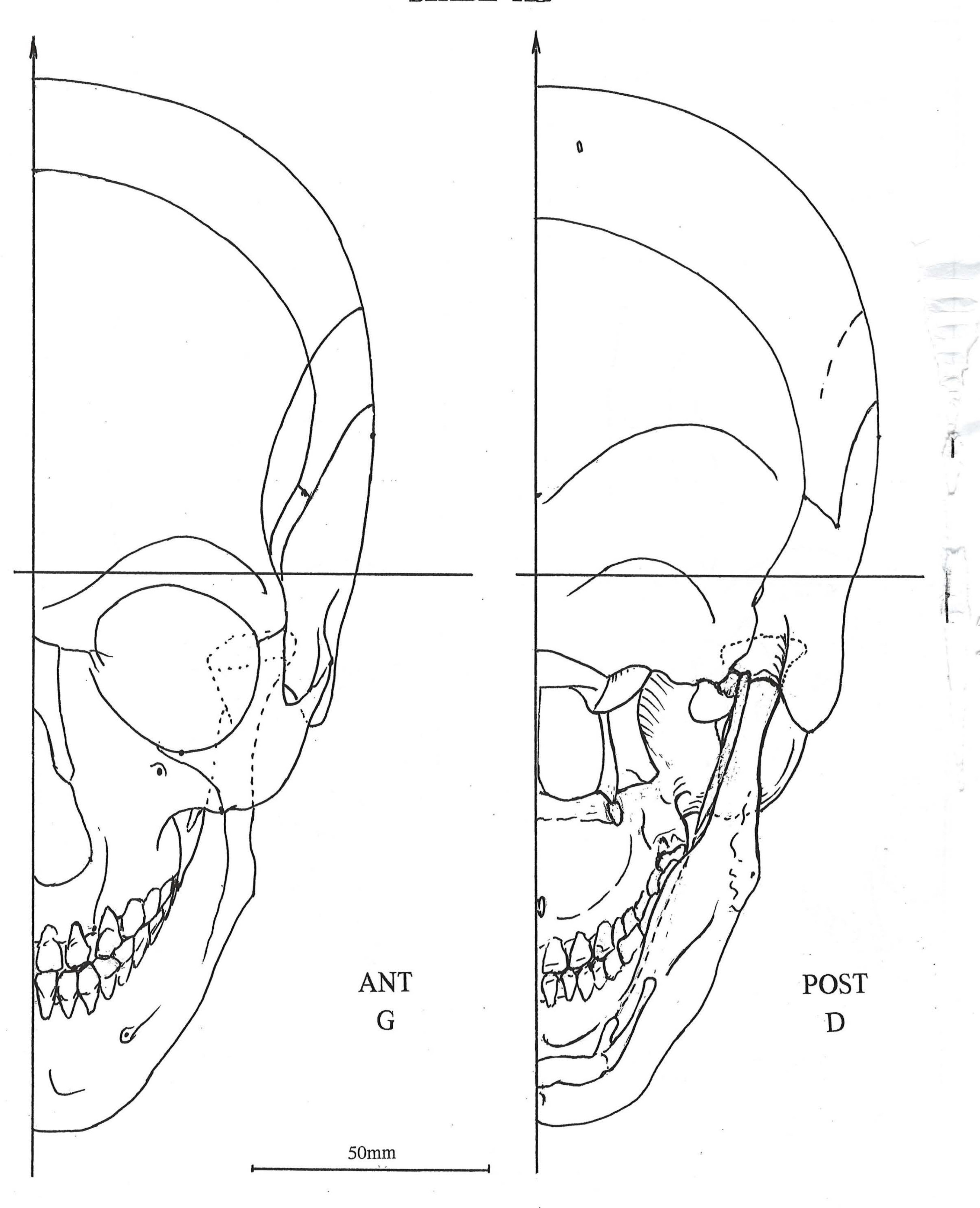

STADE Ad

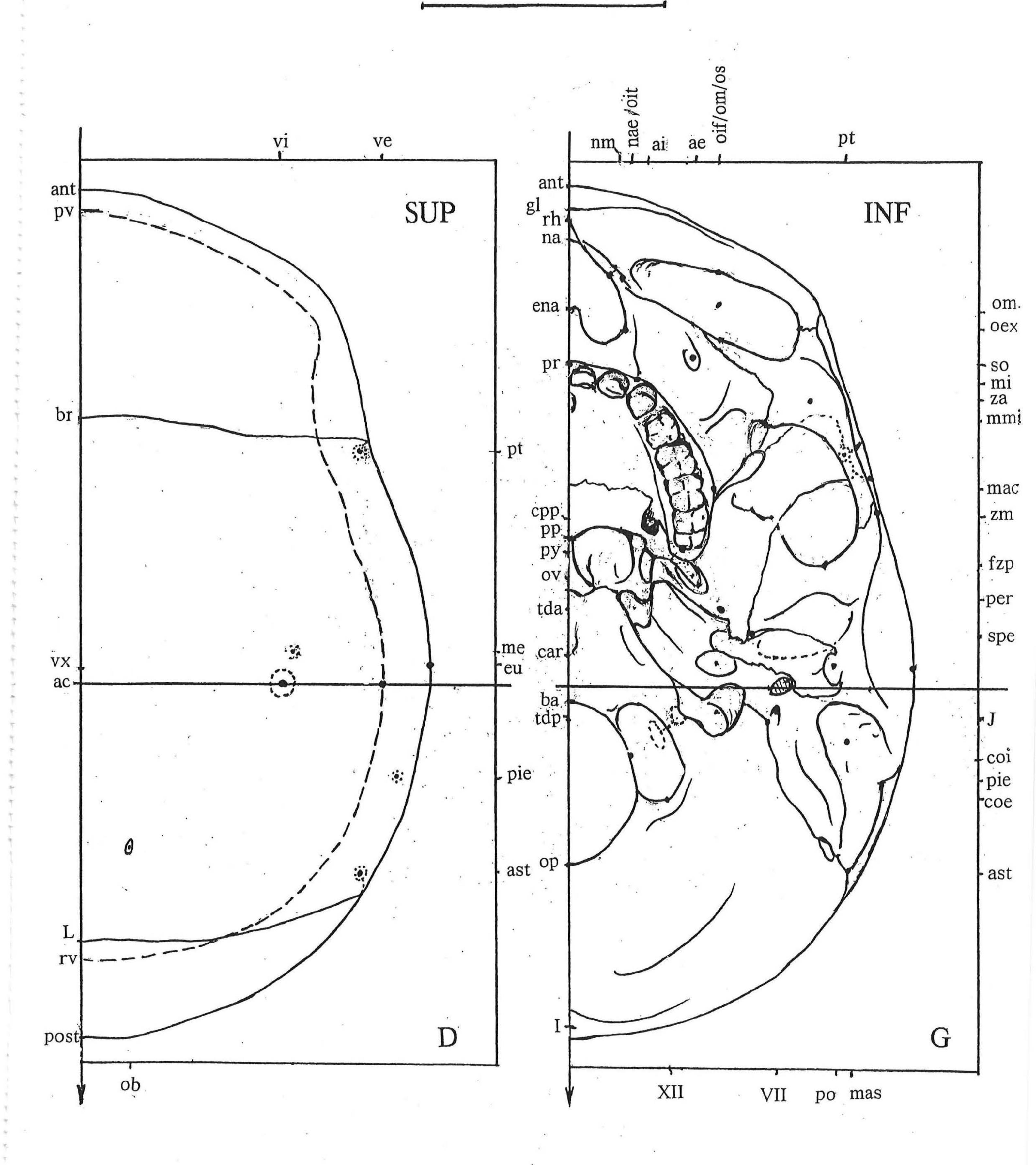
50mm

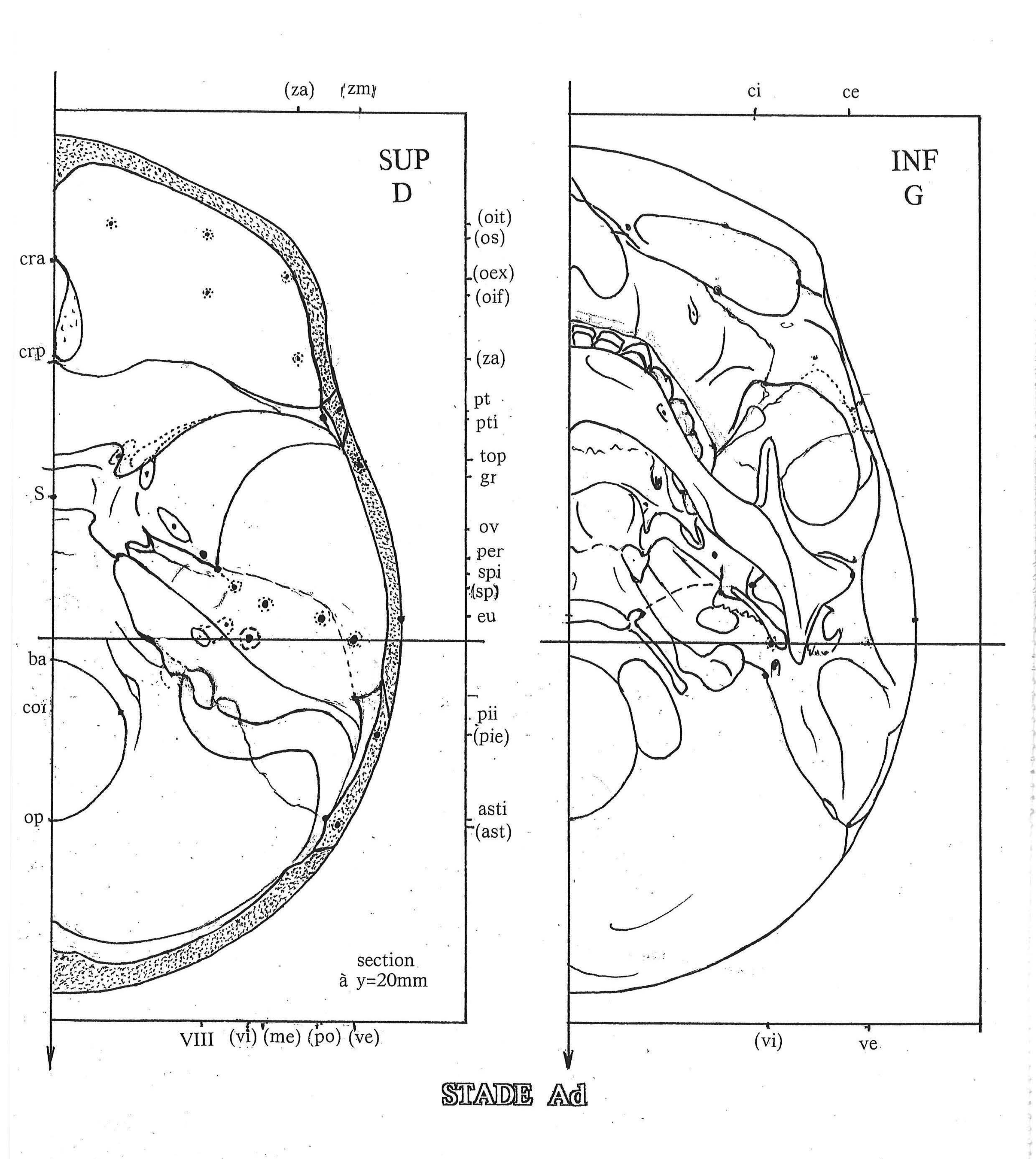

STADE Ad
vi
50mm
ANT G
SUP D
V3
V4
trig
c.occ
c.cal
c.fr
c.temp
MÉD D

fsh
pt
zm
eu
ANT
pt
(top)
os
(po)
oex
oit
so
nm
mmi
mac
G
mi/nae
gr
(ov)
oif/om/os
za
(fzp)
zm
( vi)
(ve)
POST
eu
ast
pie
coe
coi
ae
ai
D
cpp
py
J
mas
50mm

# STADE Ad




50mm
SUP
INF
vi
ve
ant
pv
br
pt
vx
ac
me
eu
pie
ast
L
rv
post
D
ob
nm
nae/oit
ai
ae
oif/om/os
pt
ant
gl
rh
na
ena
pr
cpp
pp
py
ov
tda
car
ba
tdp
op
I
om.
oex
so
mi
za
mmi
mac
zm
fzp
per
spe
J
coi
pie
coe
ast
G
XII
VII
po
mas


50mm
(za)
(zm)
SUP
D
(oit)
(os)
(oex)
(oif)
(za)
pt
pti
top
gr
ov
per
spi
(sp)
eu
pii
(pie)
asti
(ast)
cra
crp
S
ba
cor
op
section
à y=20mm
VIII
(vi)
(me)
(po)
(ve)
ci
ce
INF
G
(vi)
ve

STADE Ad

ANT

ci me cm ce

cor
pai
id
tm
pog

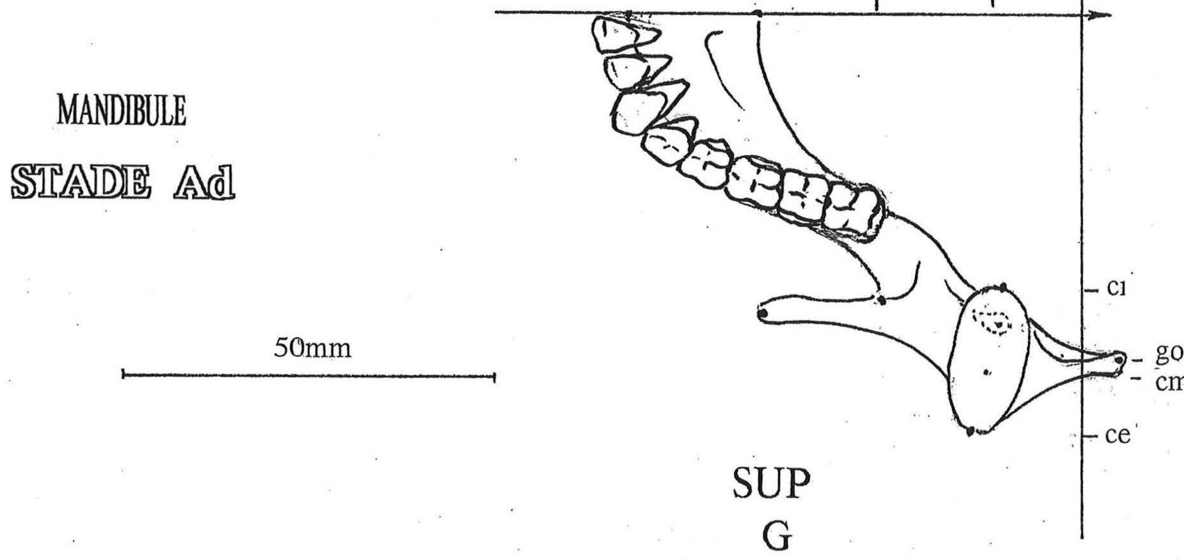
G

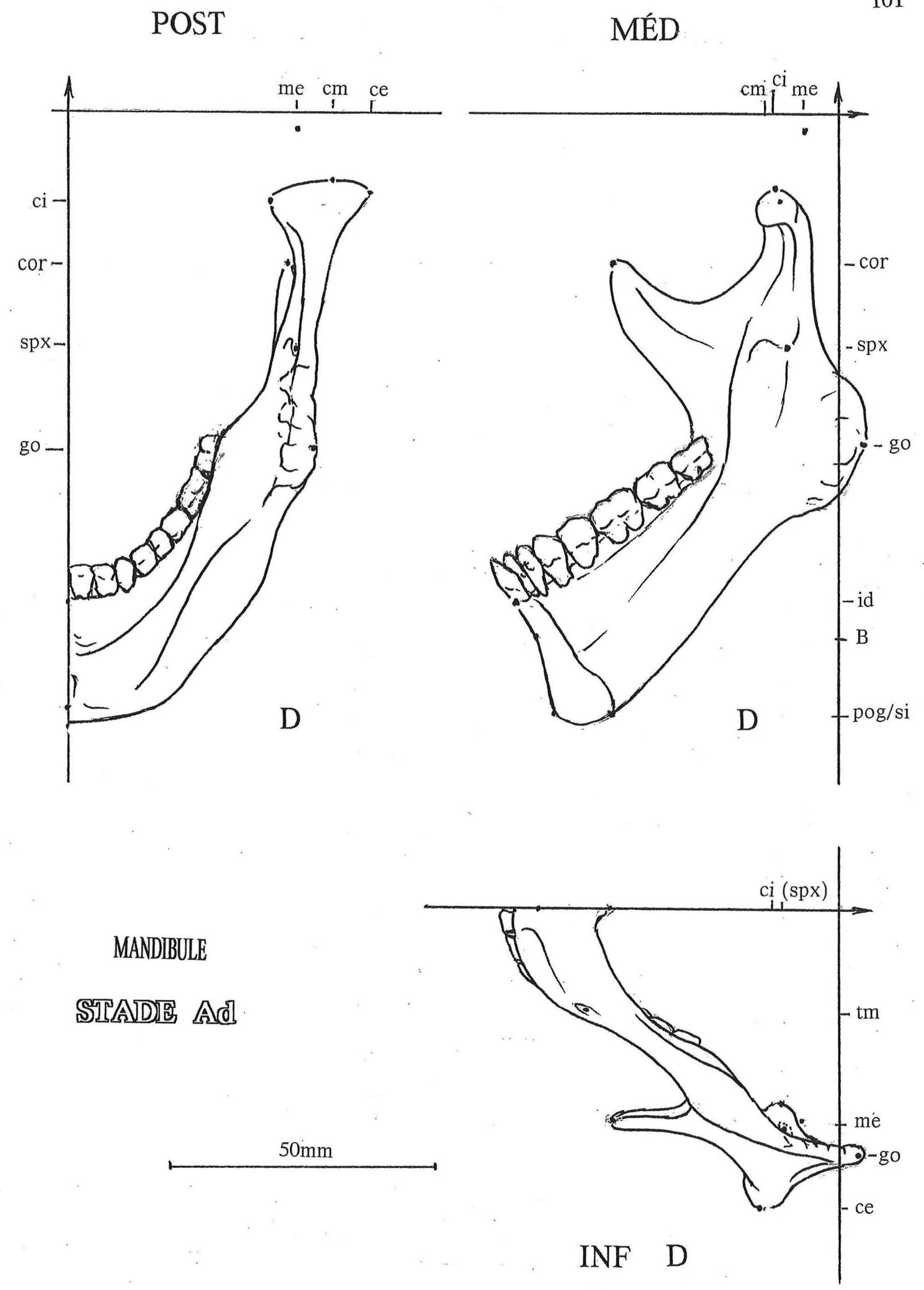
LAT

cm
ce me

cor
go
pai
id
tm
pog/si

G




POST
MÉD
me cm ce
cm ci me
ci
cor
spx
go
cor
spx
go
id
B
pog/si
D
D
MANDIBULE
STADE Ad
50mm
ci (spx)
tm
me
go
ce
INF D

STADE Ad

PLAN HORIZONTAL

SUP.D.

PLAN VERTICO-FRONTAL

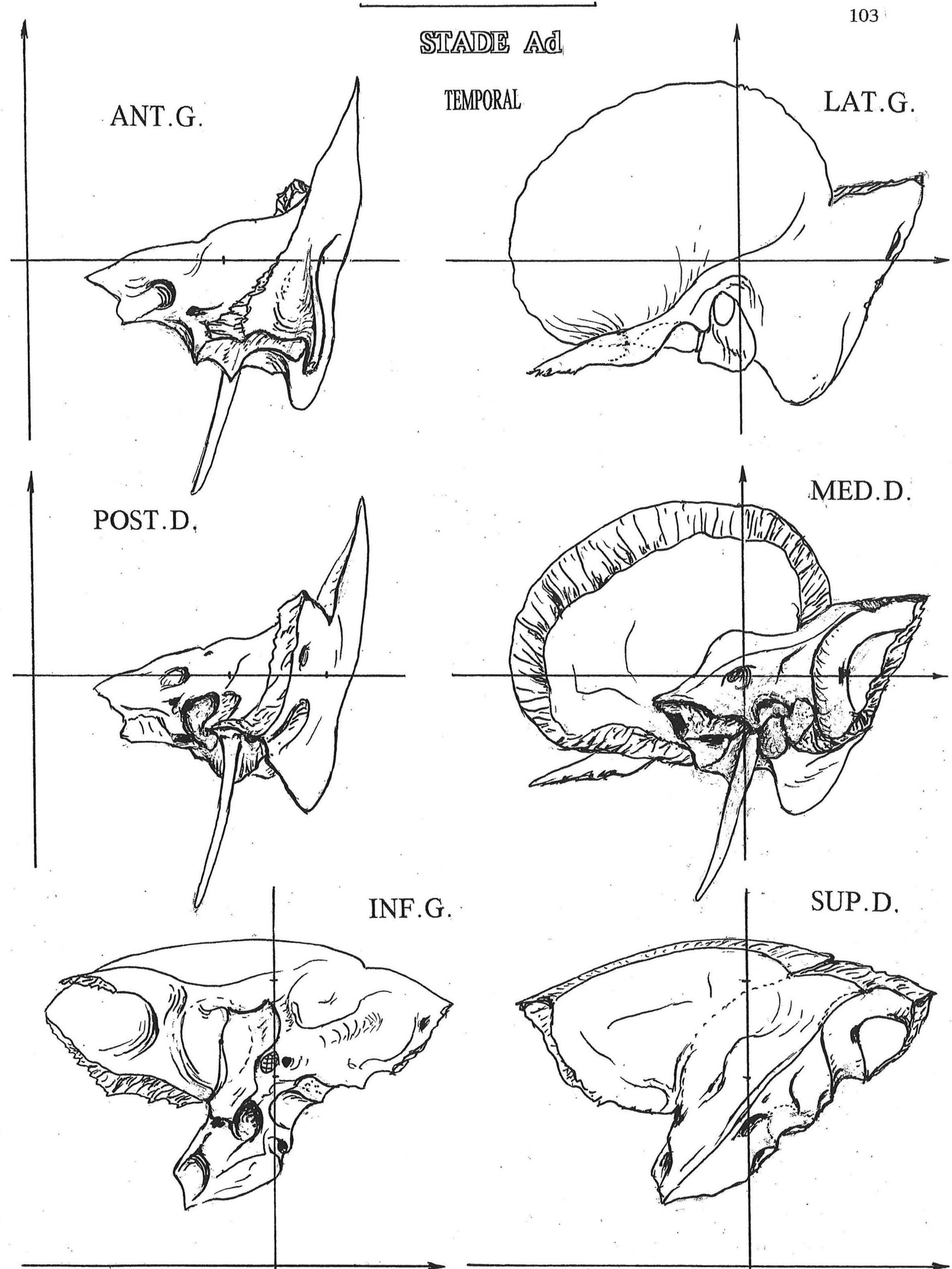
vi

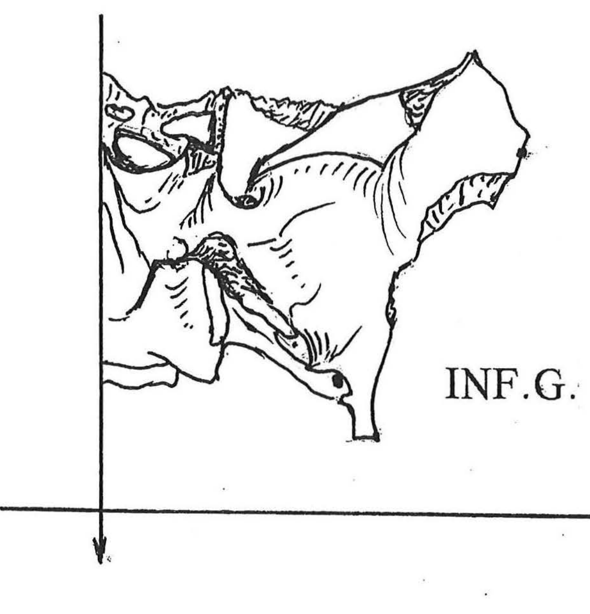
ve

POST.D.

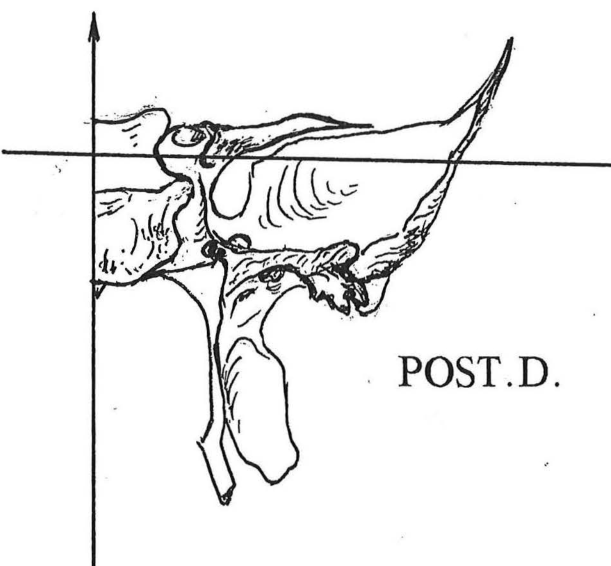
0

50mm

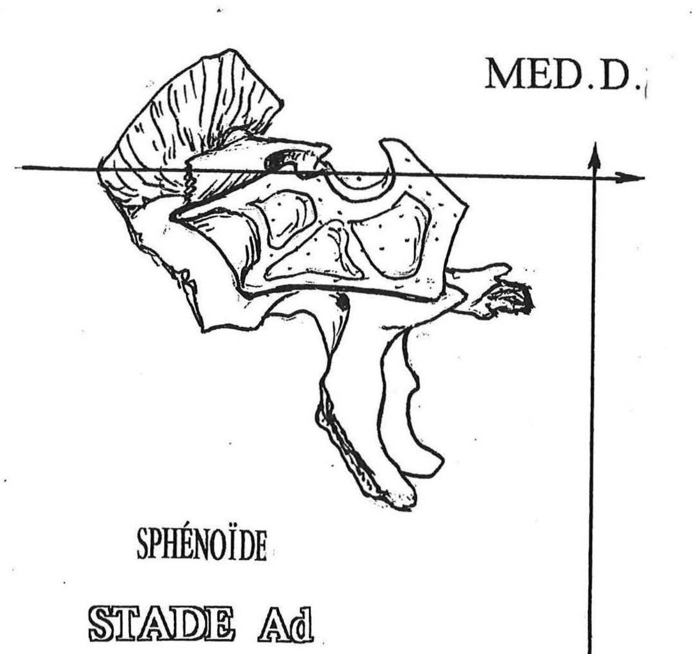

50mm
STADE Ad
TEMPORAL
ANT.G.
LAT.G.
POST.D.
MED.D.
INF.G.
SUP.D.




SUP.D.




ANT.G.




LAT.G.

SPHÉNOÏDE

STADE Ad

50mm

LAT.G.

ANT.G.

MED.D.

POST.D.

SUP.D.

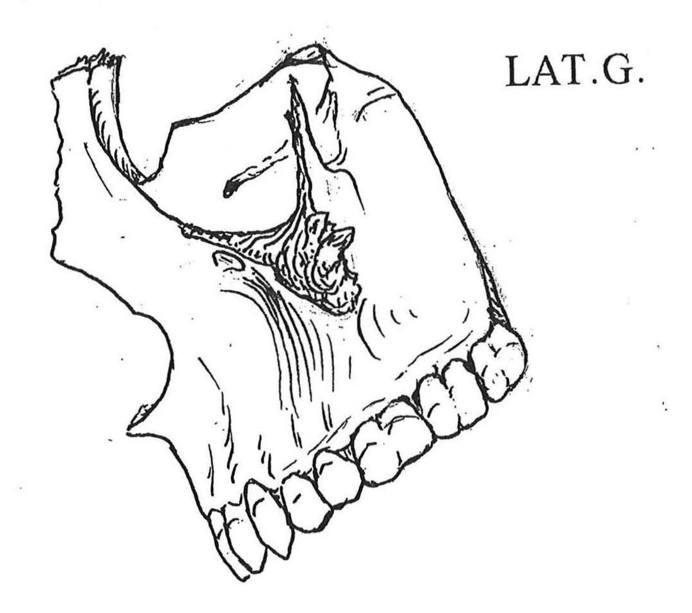
50mm

ETHMOÏDE

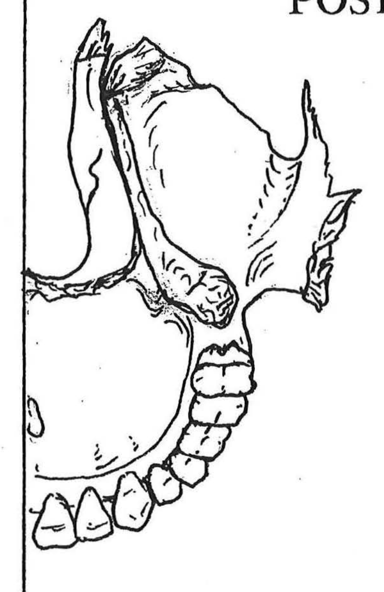
INF.G.

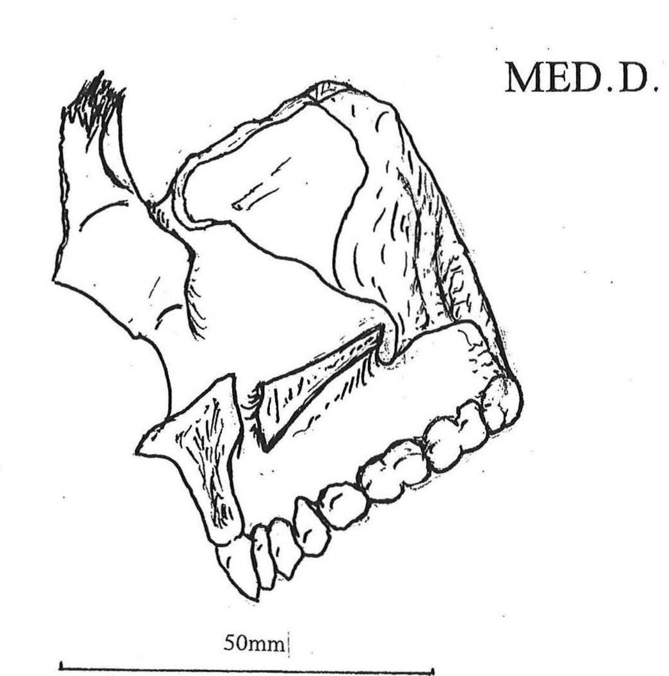




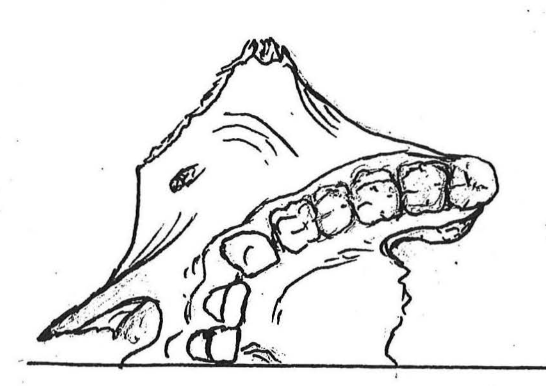



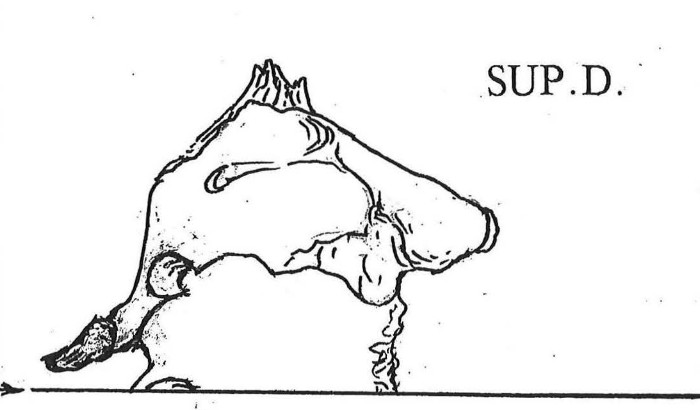

MAXILLAIRE



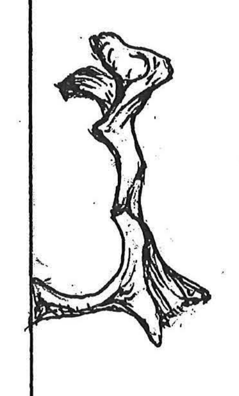




50mm

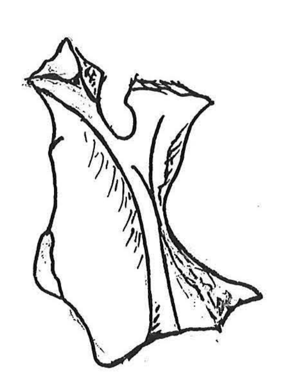




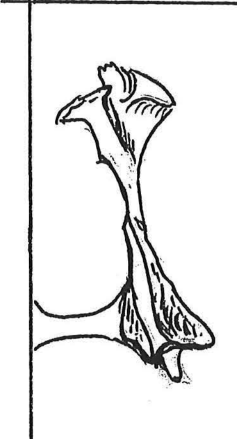


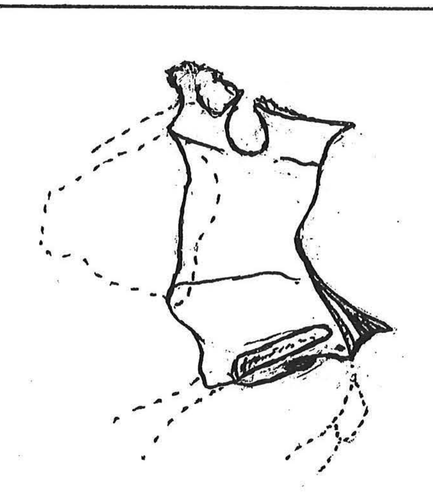
ANT.G.



LAT.G.



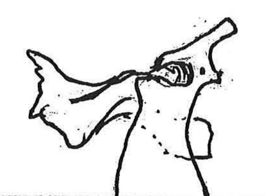
POST.D.



MED.D.

50mm

INF.G.

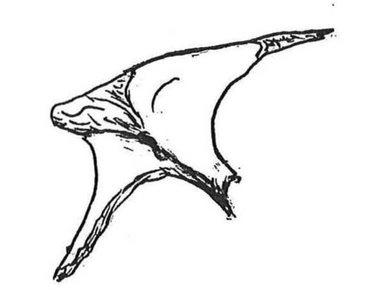


SUP.D.

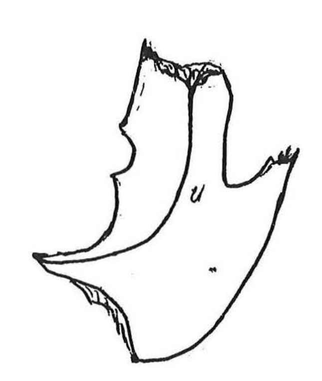


STADE Ad

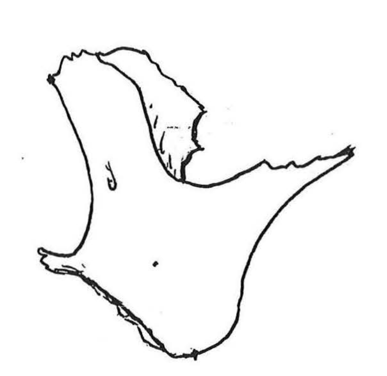
MALAIRE



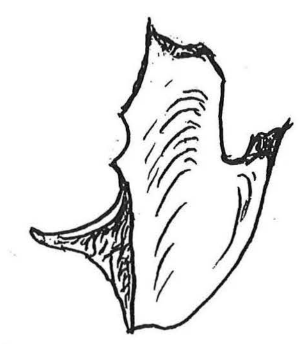
SUP.D.



ANT.G.



LAT.G.

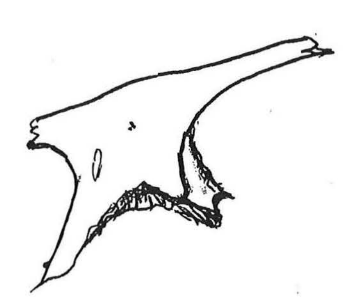


POST.D.

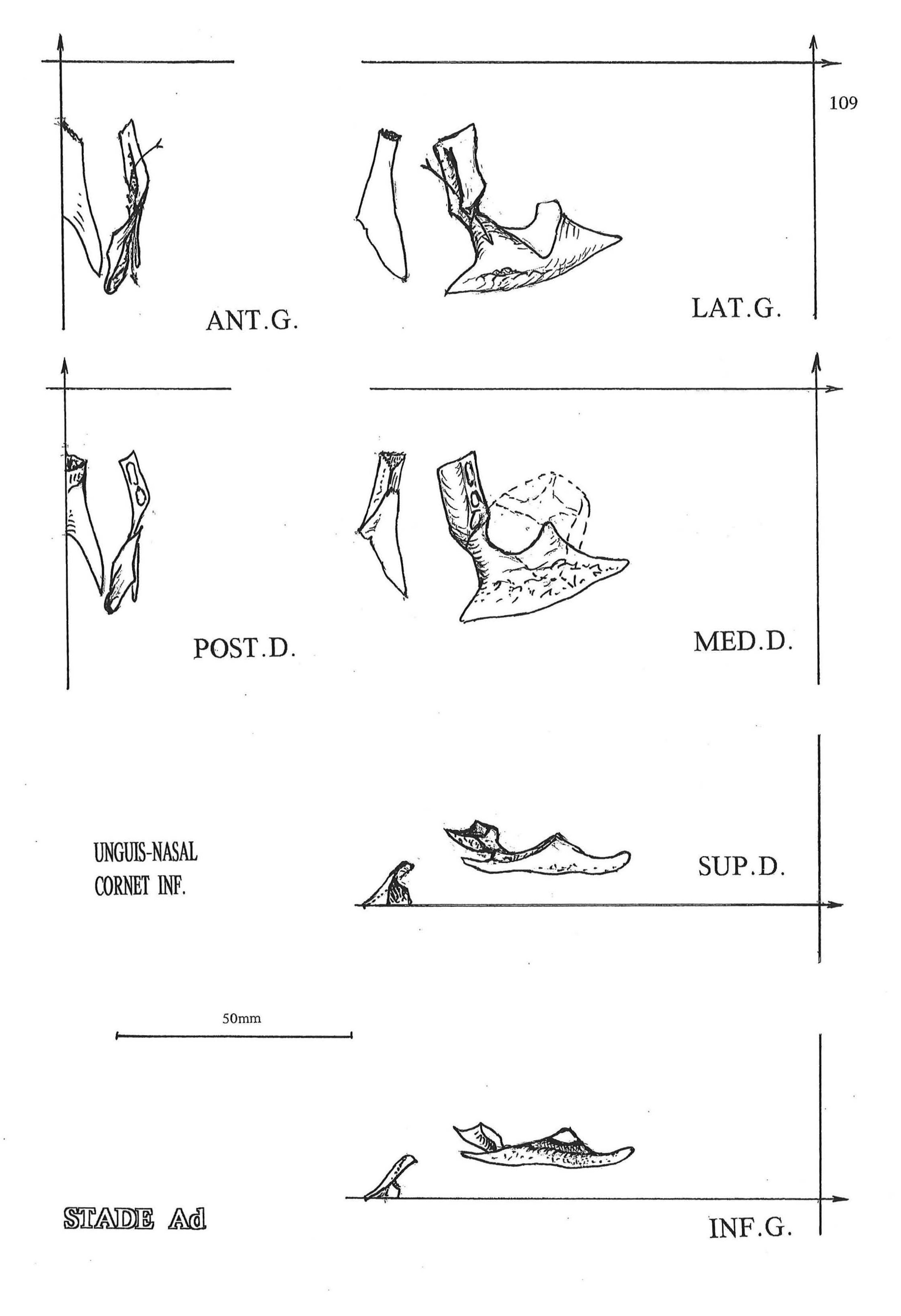


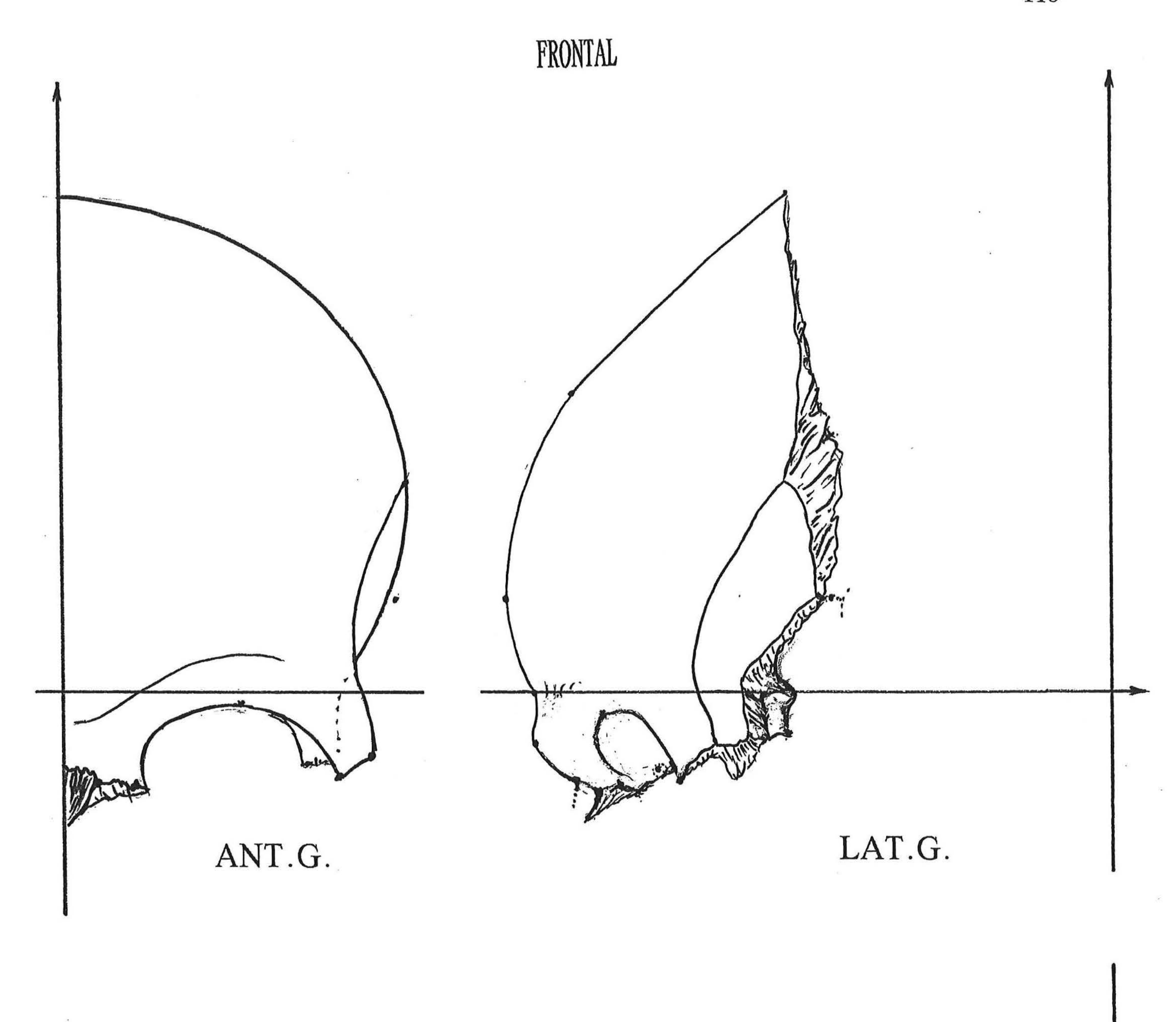
MED.D.

50mm



INF.G.


ANT.G.
LAT.G.
POST.D.
MED.D.
UNGUIS-NASAL
CORNET INF.
SUP.D.
50mm
STADE Ad
INF.G.




50mm

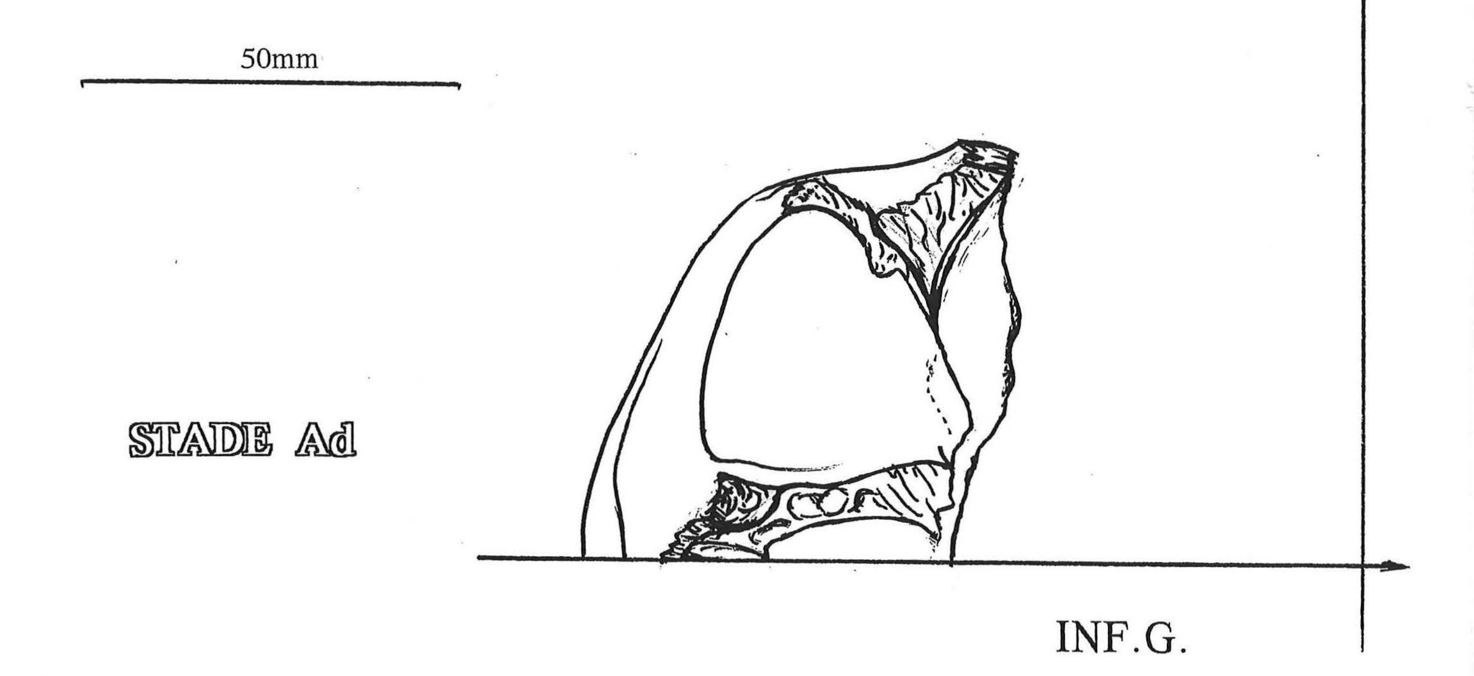
STADE Ad

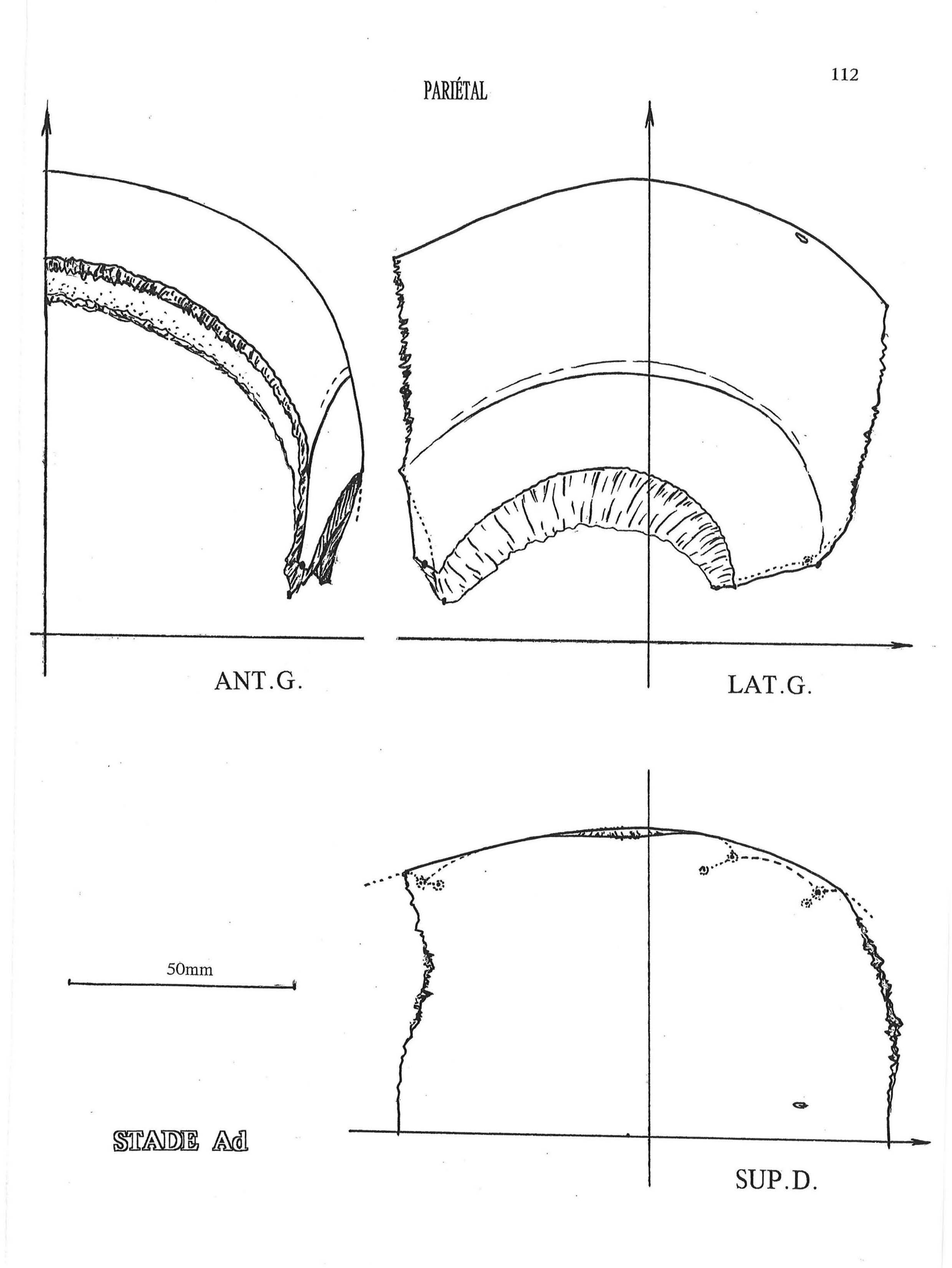
SUP.D.

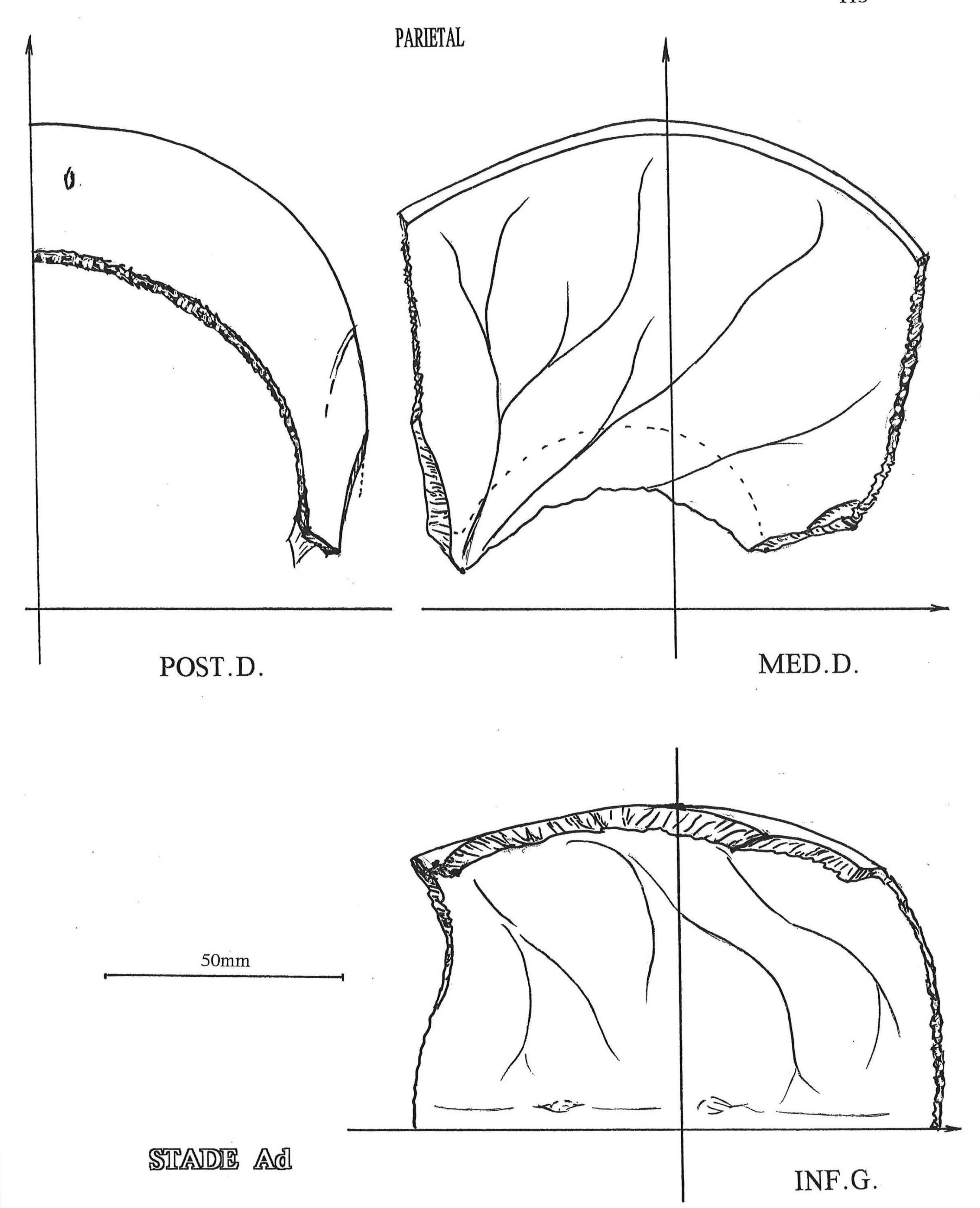
FRONTAL

POST.D.

MED.D.

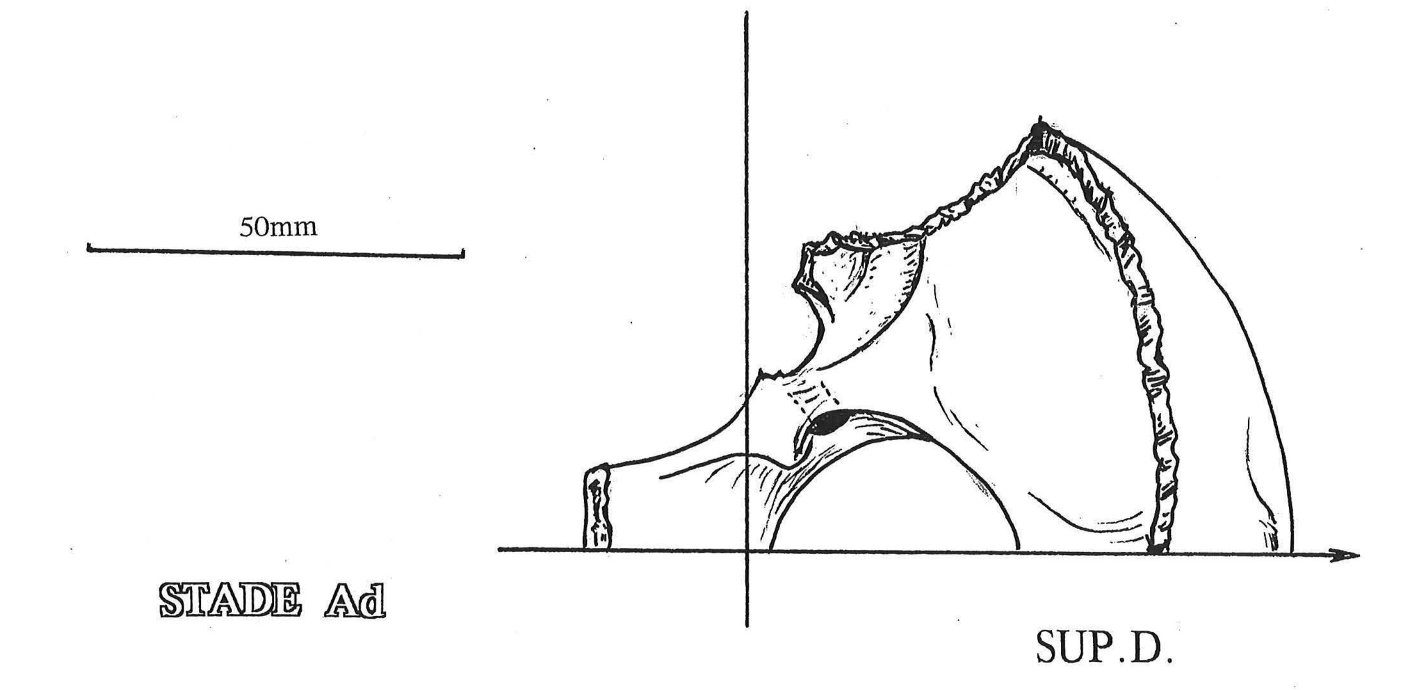


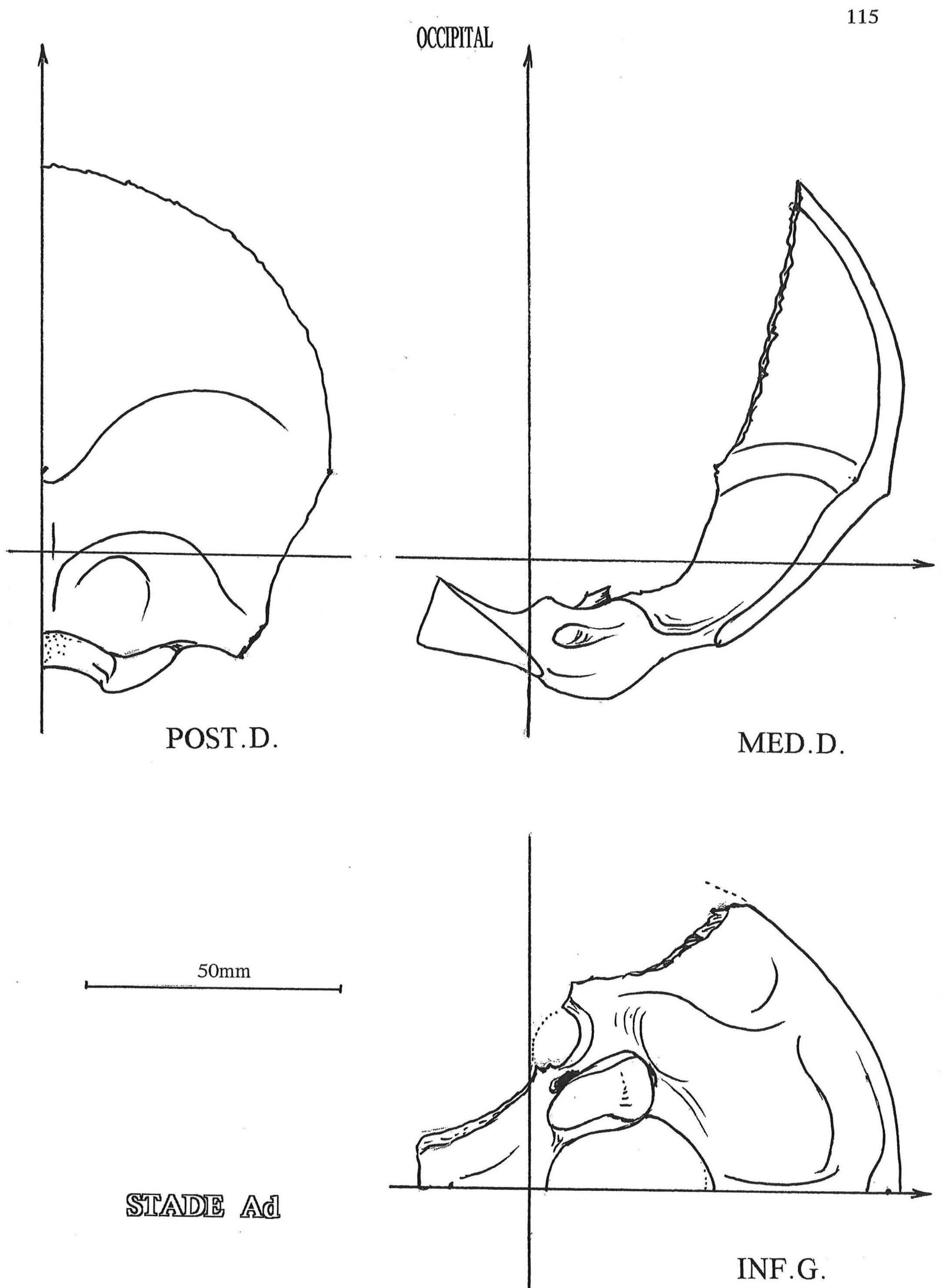

PARIÉTAL
ANT.G.
LAT.G.
50mm
STADE Ad
SUP.D.


PARIETAL
POST.D.
MED.D.
50mm
STADE Ad
INF.G.

ANT.G.

LAT.G.

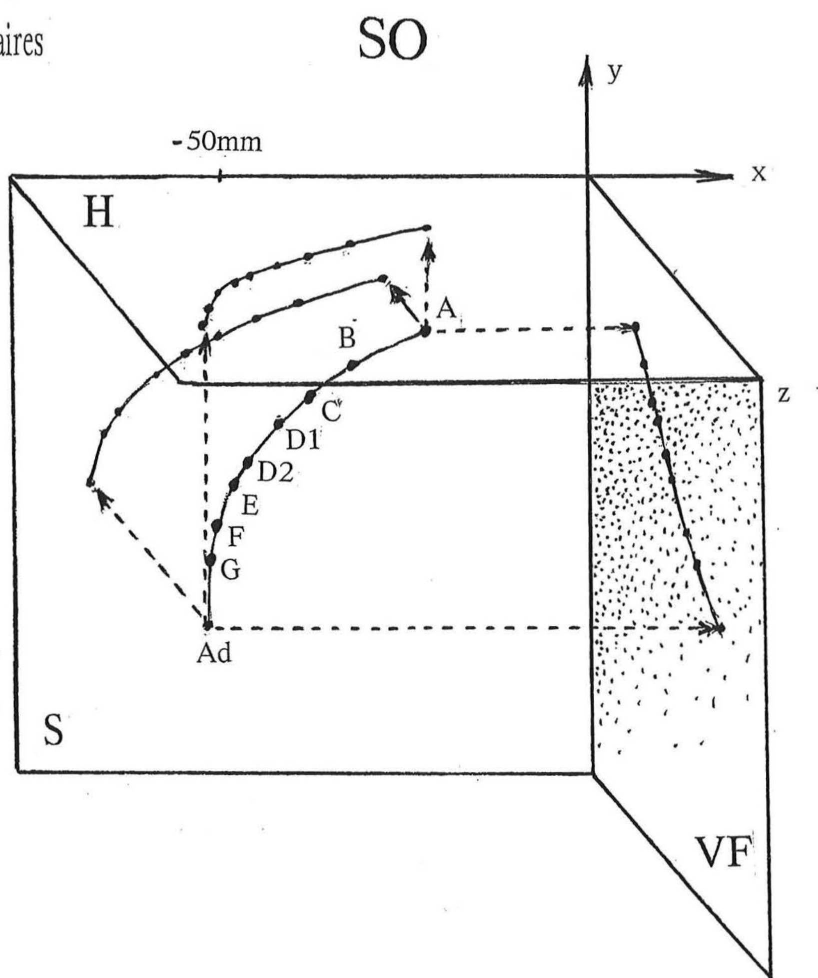


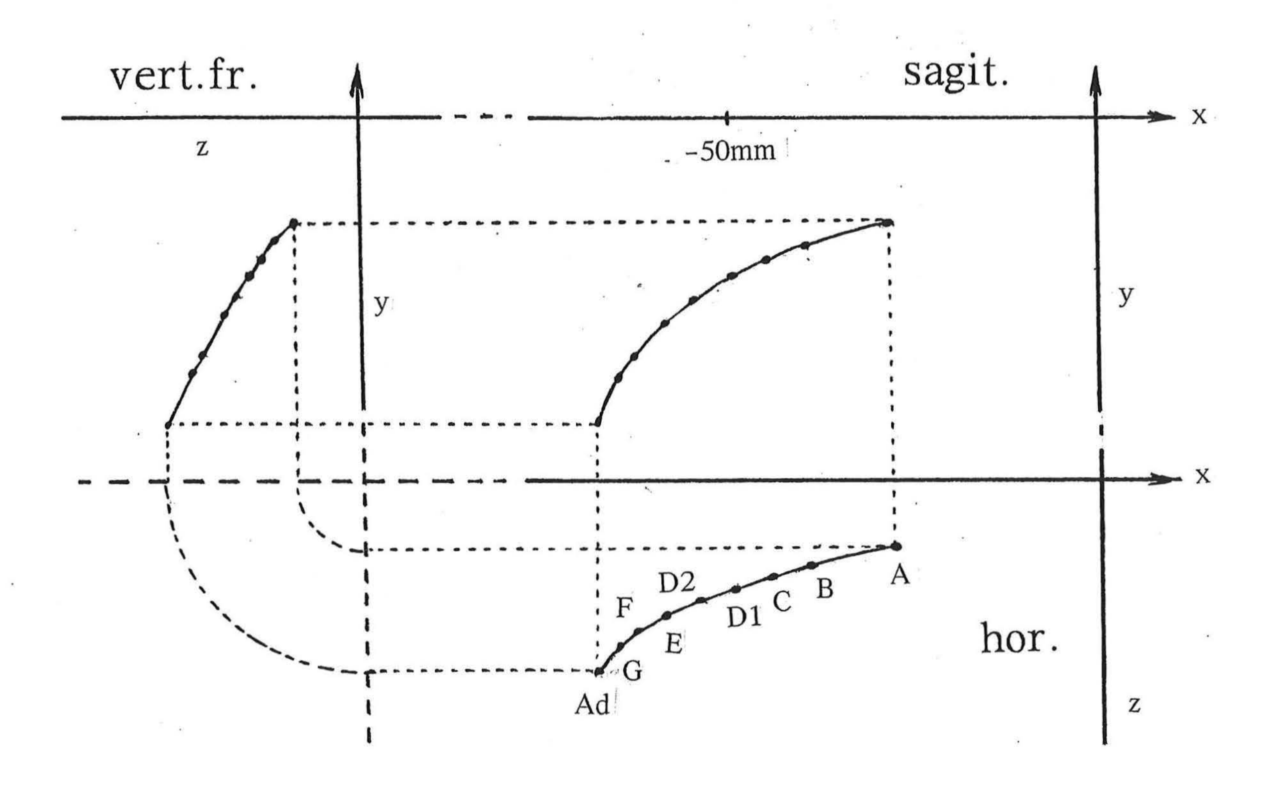

OCCIPITAL
POST.D.
MED.D.
50mm
STADE Ad
INF.G.

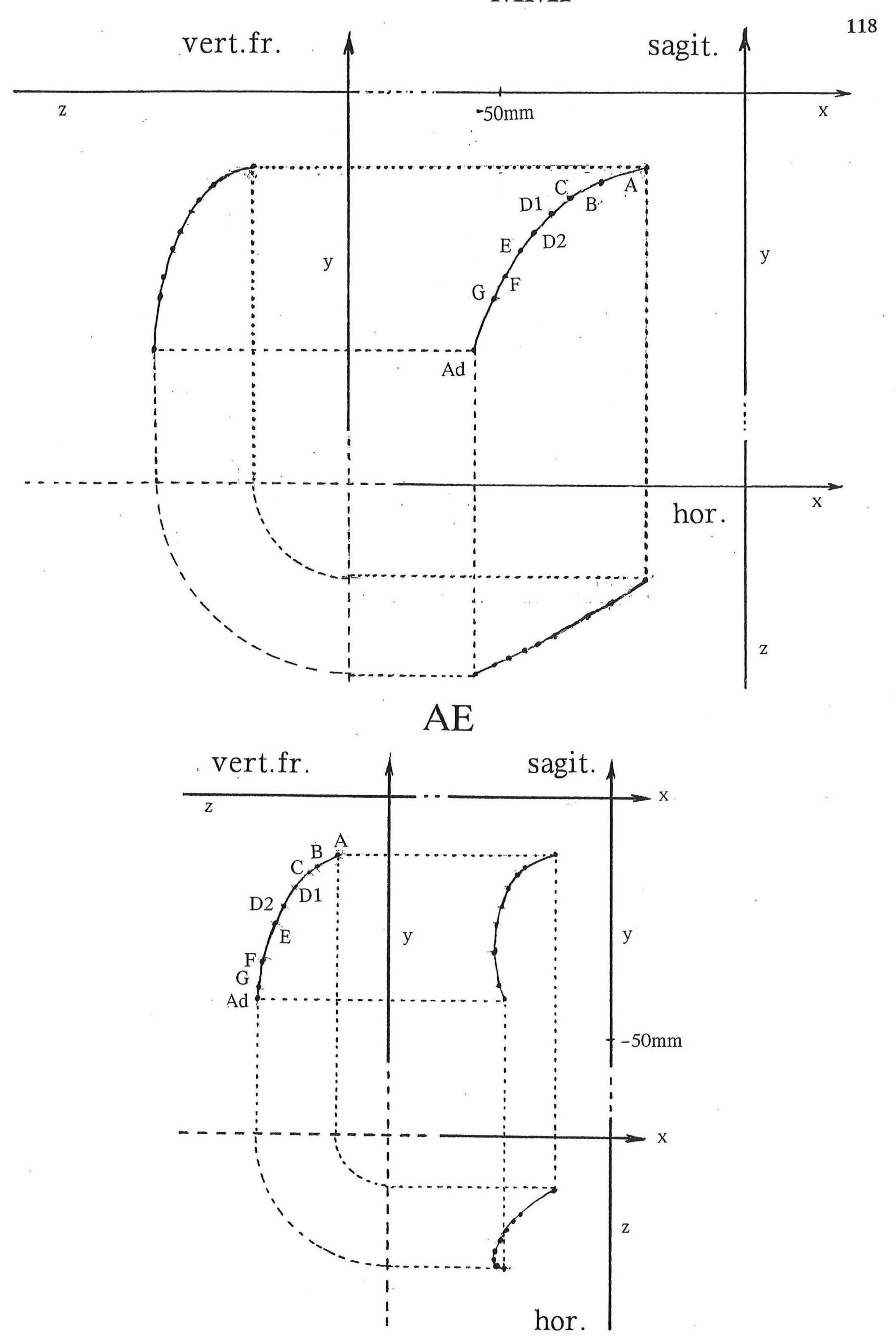
# trajets ontogéniques
# des points pairs

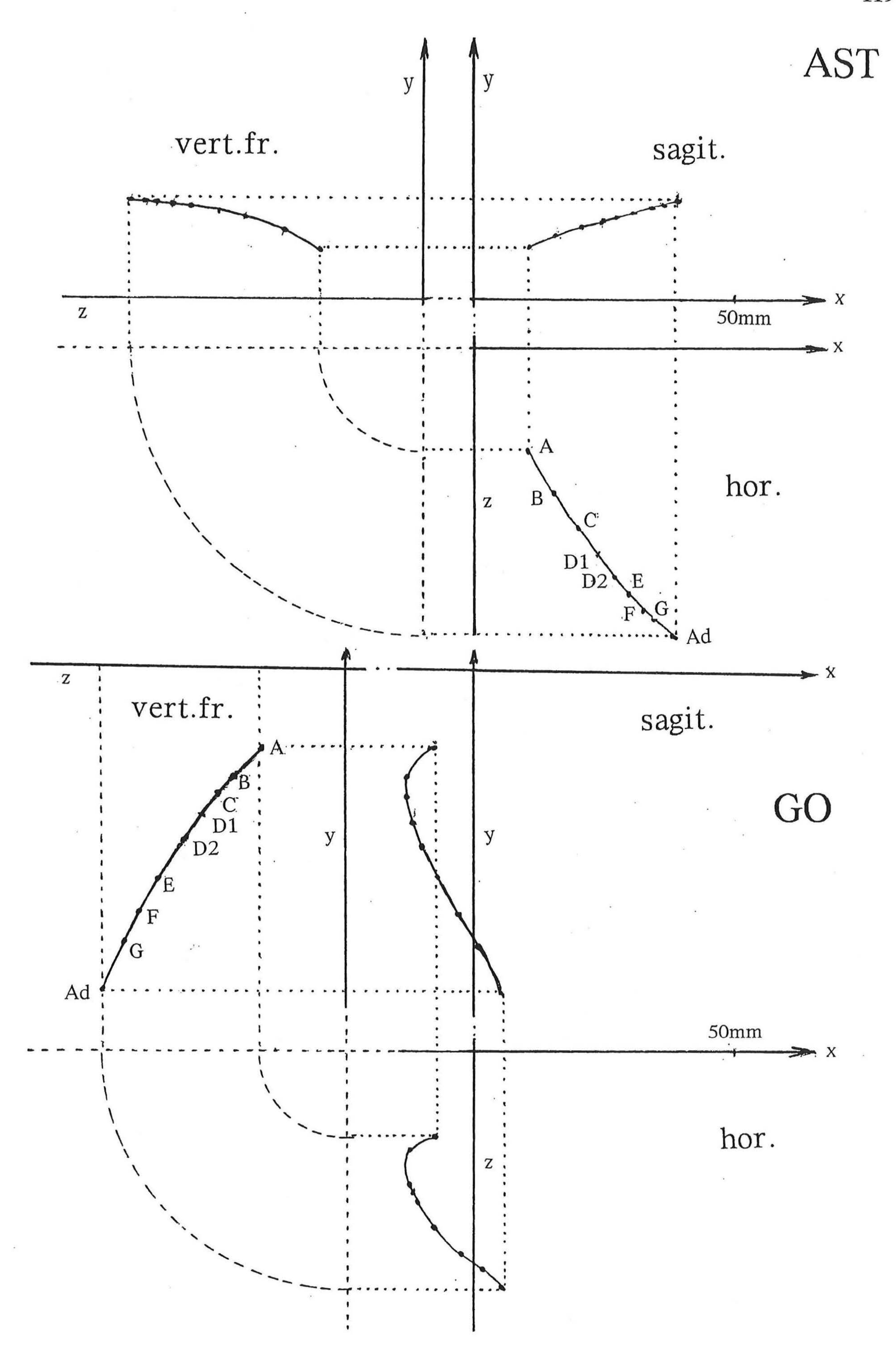
exemples de projection
sur les 3 plans vestibulaires

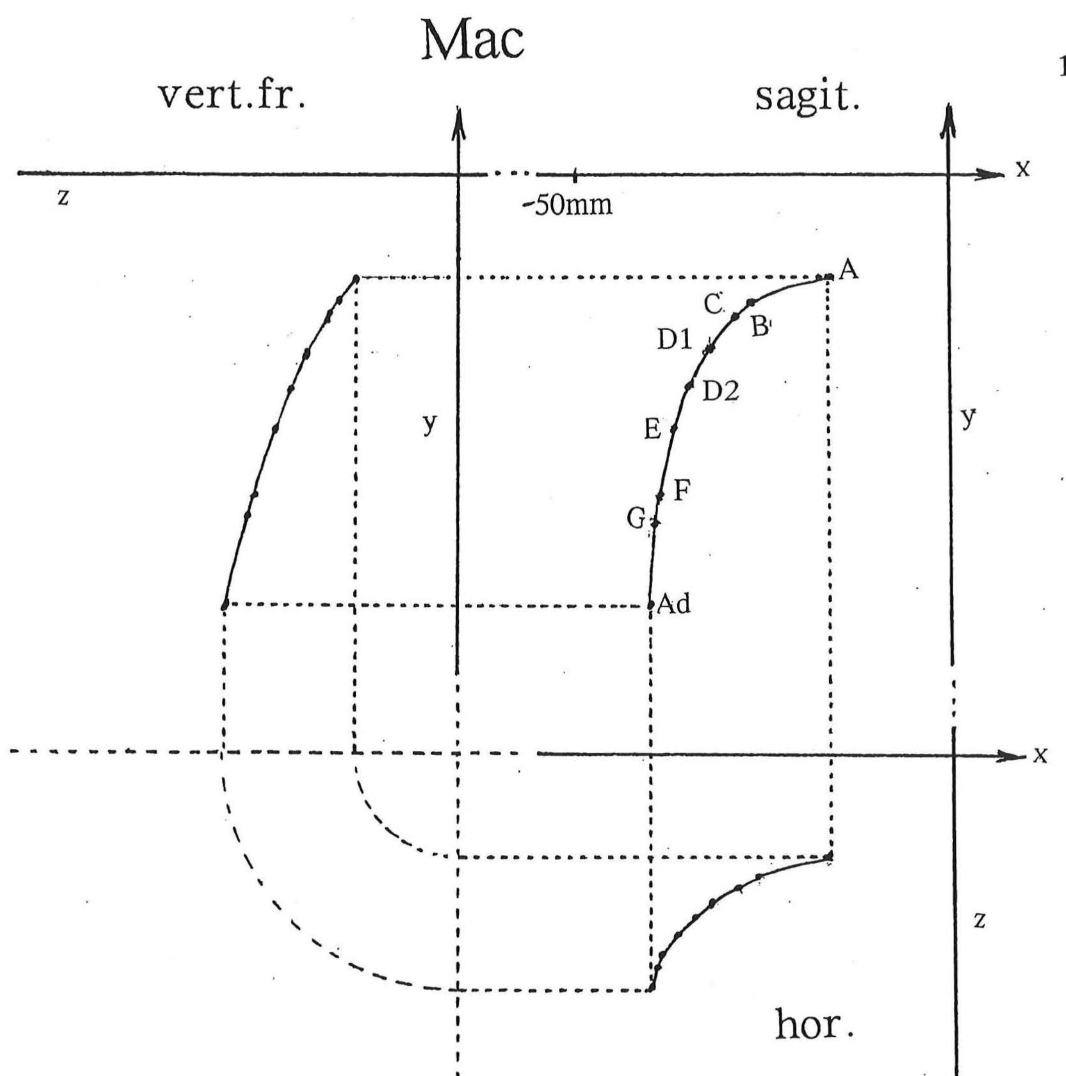
# SO

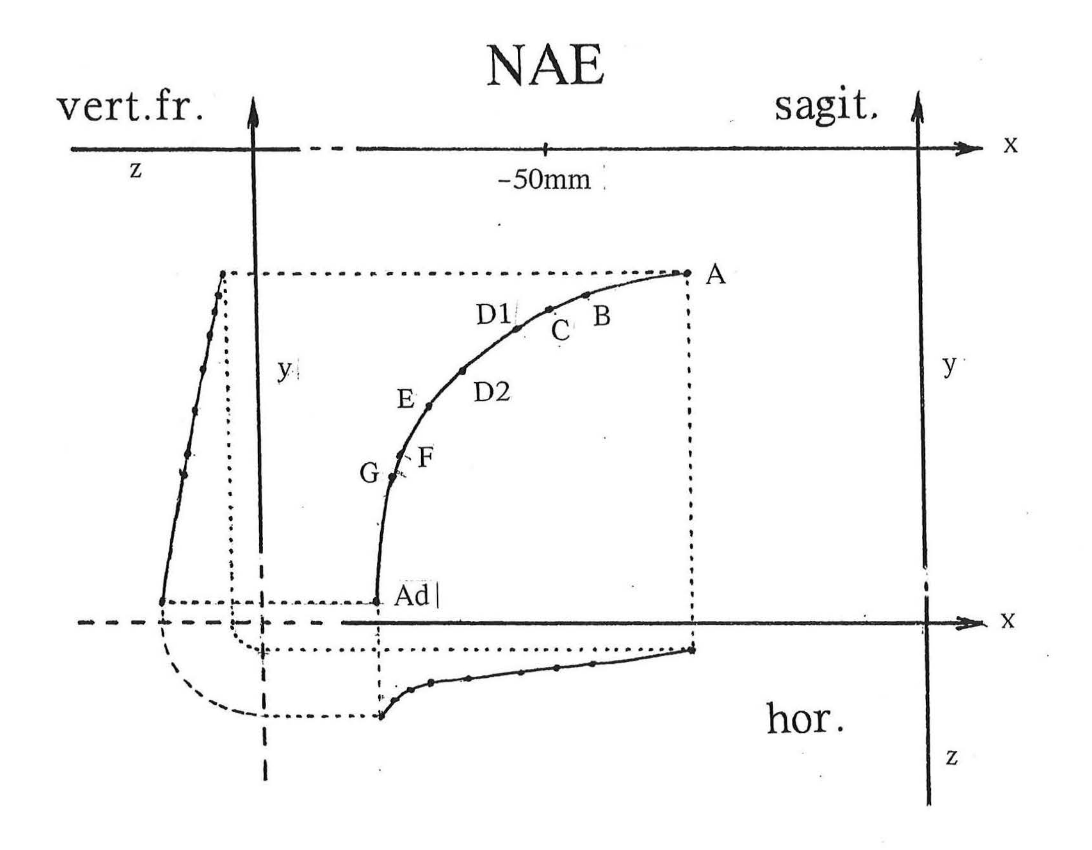


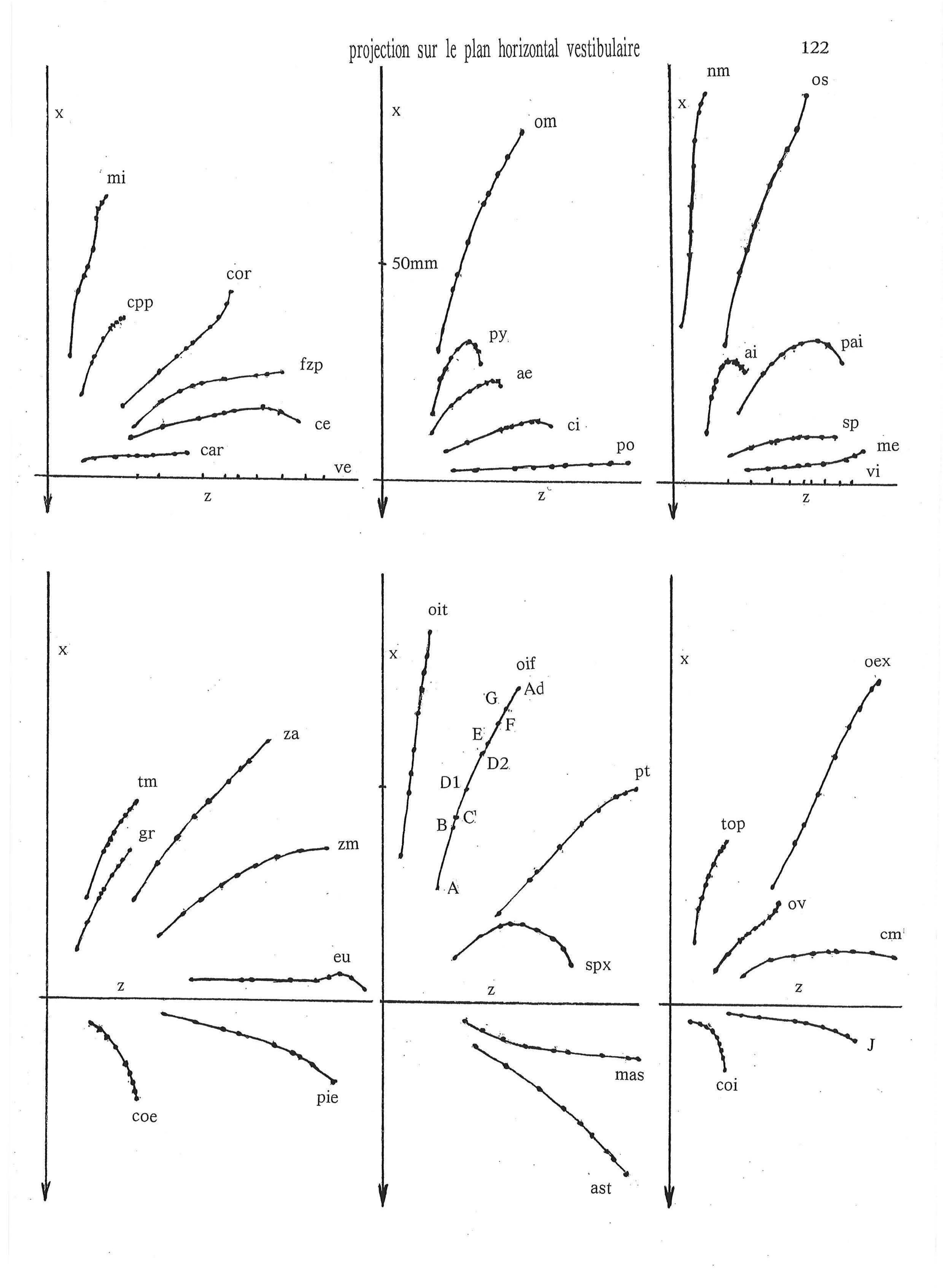

MMI
vert.fr.
sagit.
z
-50mm
x
y
A
B
C
D1
D2
E
F
G
Ad
y
hor.
x
z
AE
vert.fr.
sagit.
z
x
A
B
C
D1
D2
E
F
G
Ad
y
y
-50mm
x
z
hor.

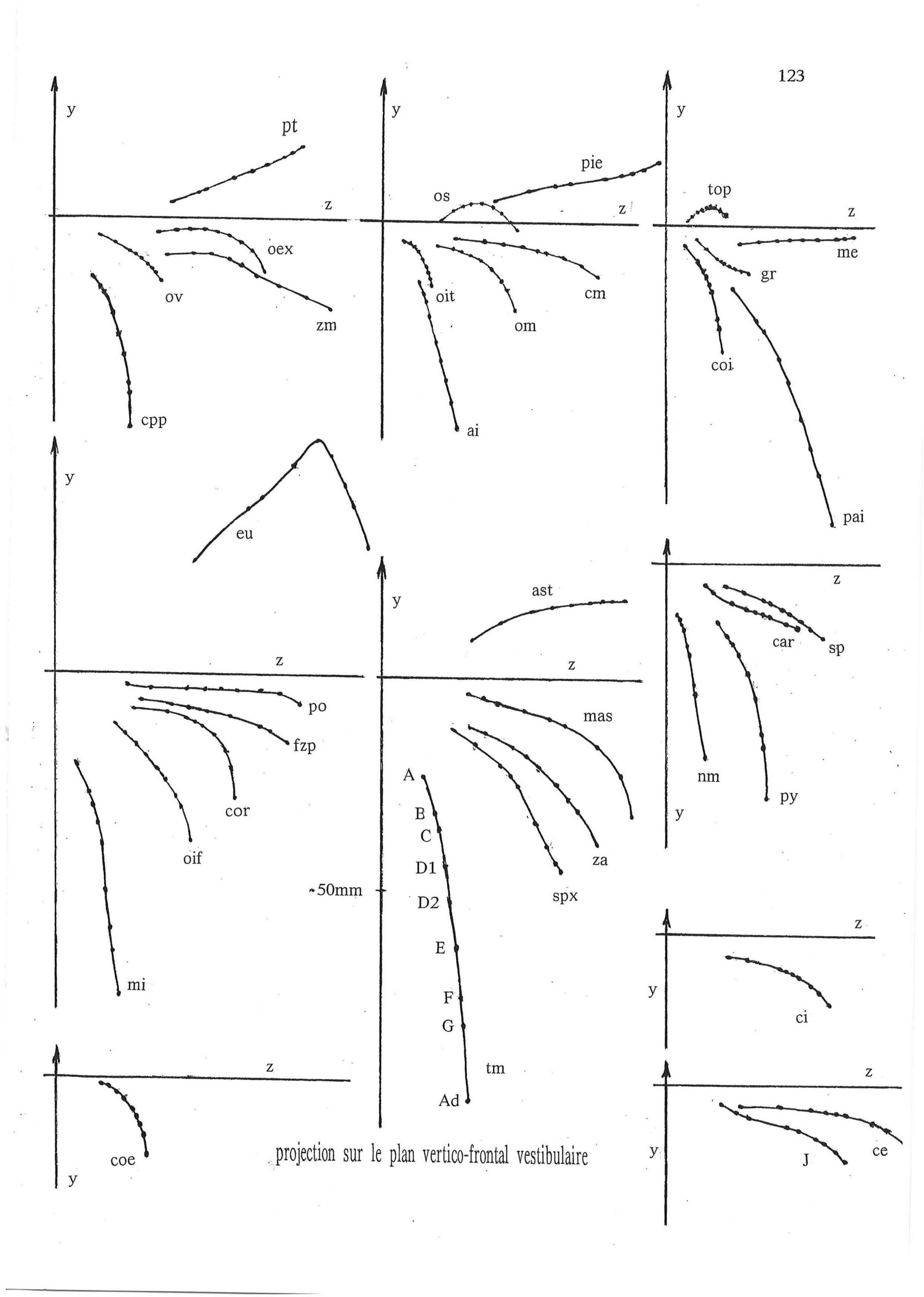

AST
y
y
vert.fr.
sagit.
z
x
50mm
x
A
hor.
z
B
C
D1
D2
E
F
G
Ad
z
x
vert.fr.
sagit.
A
B
C
D1
D2
E
F
G
Ad
GO
y
y
50mm
x
hor.
z


Mac
vert.fr.
sagit.
x
z
-50mm
A
C
B
D1
D2
y
E
F
G
Ad
y
x
z
hor.


NAE
vert.fr.
sagit.
x
z
-50mm
A
D1
B
C
y
E
D2
G
F
Ad
x
hor.
z

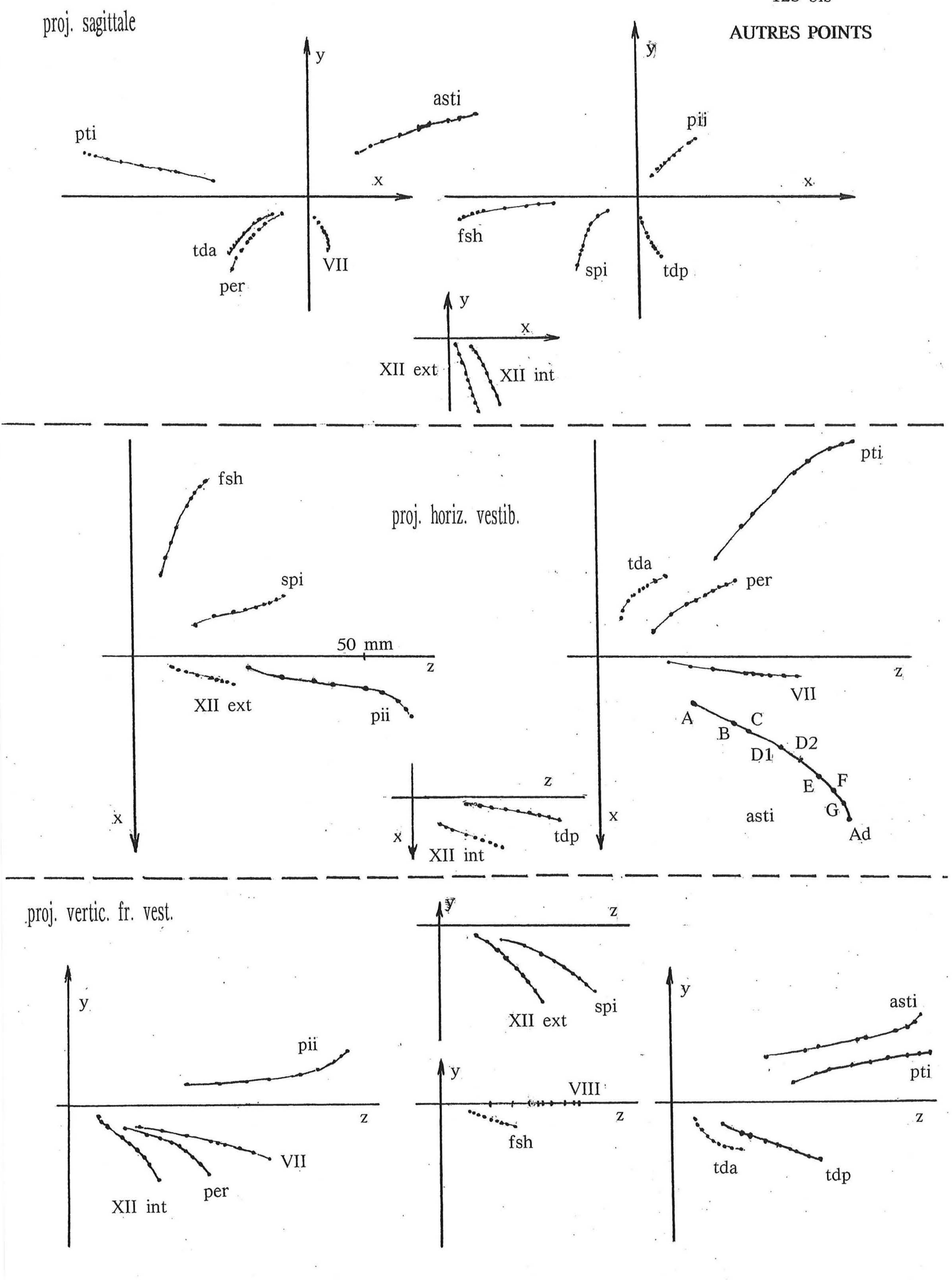
y
eu
me x
pt
pie
x
ov
os
y
fzp
oex
po
B
D1
A
om
C
E
J
coe
D2
G
F
mas
x
oif
Ad
ai
-50mm
py
gr
za
y
mi
tm
x
ce
sp
y
x
top
cm
oit
car
cor
coi
za
x
nm
spx
cpp
ci
y
pai
y


x
mi
cpp
cor
fzp
ce
car
ve
z
x
om
50mm
py
ae
ci
po
z
x
nm
os
ai
pai
sp
me
vi
z
x
tm
gr
za
zm
eu
z
coe
pie
x
oit
oif
Ad
G
F
E
D2
D1
B
C
A
pt
spx
z
mas
ast
x
oex
top
ov
cm
z
J
coi

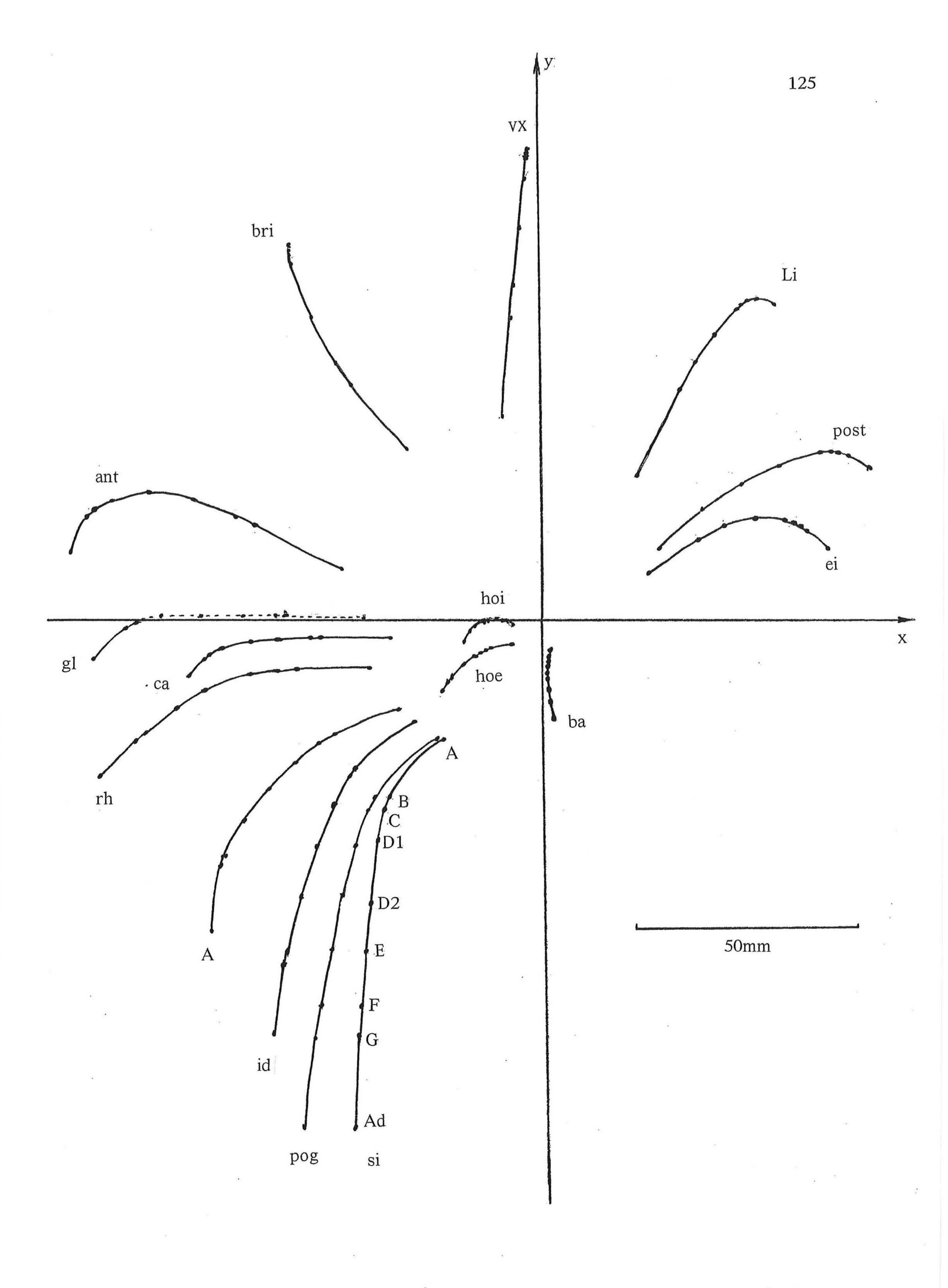



projection sur le plan vertico-frontal vestibulaire

**AUTRES POINTS**



# trajets ontogéniques des points impairs


y
vx
bri
Li
post
ant
ei
hoi
x
gl
hoe
ca
ba
rh
A
B
C
D1
D2
A
E
50mm
F
G
id
Ad
pog
si

y
ac
br
L
mf
opc
I
pv
S
rv
x
crp
na
op
A
B
C
D1
pp
D2
e na
E
50mm
F
G
pr
Ad
B

# quelques suggestions d'utilisation

Ce que nous proposons est, en fait, un outil de travail, susceptible de nombreuses applications théoriques et pratiques. Quelques exemples en sont suggérés :

superpositions ontogéniques dans chacun des 3 plans vestibulaires de projection, pour l'ensemble du crâne ou pour diverses parties de celui-ci (base du crâne, orbites, fosse zygomatique, mandibule...)

comparaison, sur chacune des 3 projections, de la position réciproque de plusieurs os (même en l'absence de connexions anatomiques directes entre eux), à partir des calques orientés de ceux-ci. 2 exemples en sont proposés.

passage à d'autres systèmes d'axes. A partir des renseignements que nous fournissons, pratiquement tous les référentiels qui existent peuvent être retrouvés grâce au procédé permettant le calcul de nouvelles coordonnées rectangulaires, à partir des : x , y , z vestibulaires. 2 applications sont proposées : orientation en s-na et orientation selon le plan visuel.

calcul de la distance entre 2 points de l'espace, et de l'évolution de cette distance (quantité et vitesse).

calcul du chemin ontogénique (total ou partiel) parcouru par un point, dans l'espace, et vitesse de ce mouvement aux différents moments de la croissance.

calcul des angles, dans un plan ou dans l'espace, avec sommet dans le plan sagittal ou ailleurs.

outre les applications ontogéniques, des comparaisons phylogéniques sont également réalisables lorsque le sujet à analyser est, lui même, orienté dans les axes vestibulaires. Disons, en effet, que des craniogrammes ont déjà été réalisés soit sur des individus isolés, donc sans signification "statistique" (chien, lapin...), soit sur des types moyens résultant de tels calculs (semnopithèque, chimpanzé commun et chimpanzé nain aux divers stades de leur croissance, gorille...). 2 exemples seront donnés, de comparaisons entre l'enfant et le jeune Pan paniscus, au même stade d'évolution dentaire.

bien entendu, la finalité essentielle de ce travail étant chirurgicale, il n'appartient pas à un théoricien d'en fournir des exemples d'applications pratiques, par comparaison avec un type moyen (ou avec une interpolation entre deux de ceux-ci), d'un patient ayant subi l'orientation vestibulaire. Cet examen est souhaitable à la fois avant et après intervention avec, si possible, une reconstruction spatiale résultant de la scannographie. C'est là une autre phase qui fera sans doute l'objet d'exposés ultérieurs.

cet ensemble de schémas a été réalisé "à l'ancienne", à la main, sans recours à l'ordinateur. Peut-être un informaticien intéressé y trouvera-t-il matière à d'autres développements explicitant l'ontogénèse humaine?

# en conclusion

Nous savons que la présente publication demeure perfectible, car son principe exige que l'ensemble de l'iconographie soit totalement homogène, que tout corresponde d'une incidence à l'autre, d'un stade à l'autre, d'un os à ses voisins..., que les courbes ontogéniques ne montrent pas d'élément aberrant, ce qui suppose un échantillonnage suffisant et équilibré, et ce n'est pas toujours le cas ! . Malgré les difficultés et les imperfections inévitables, nous avons tenu à sortir cette plaquette qui a au moins le mérite d'exister.

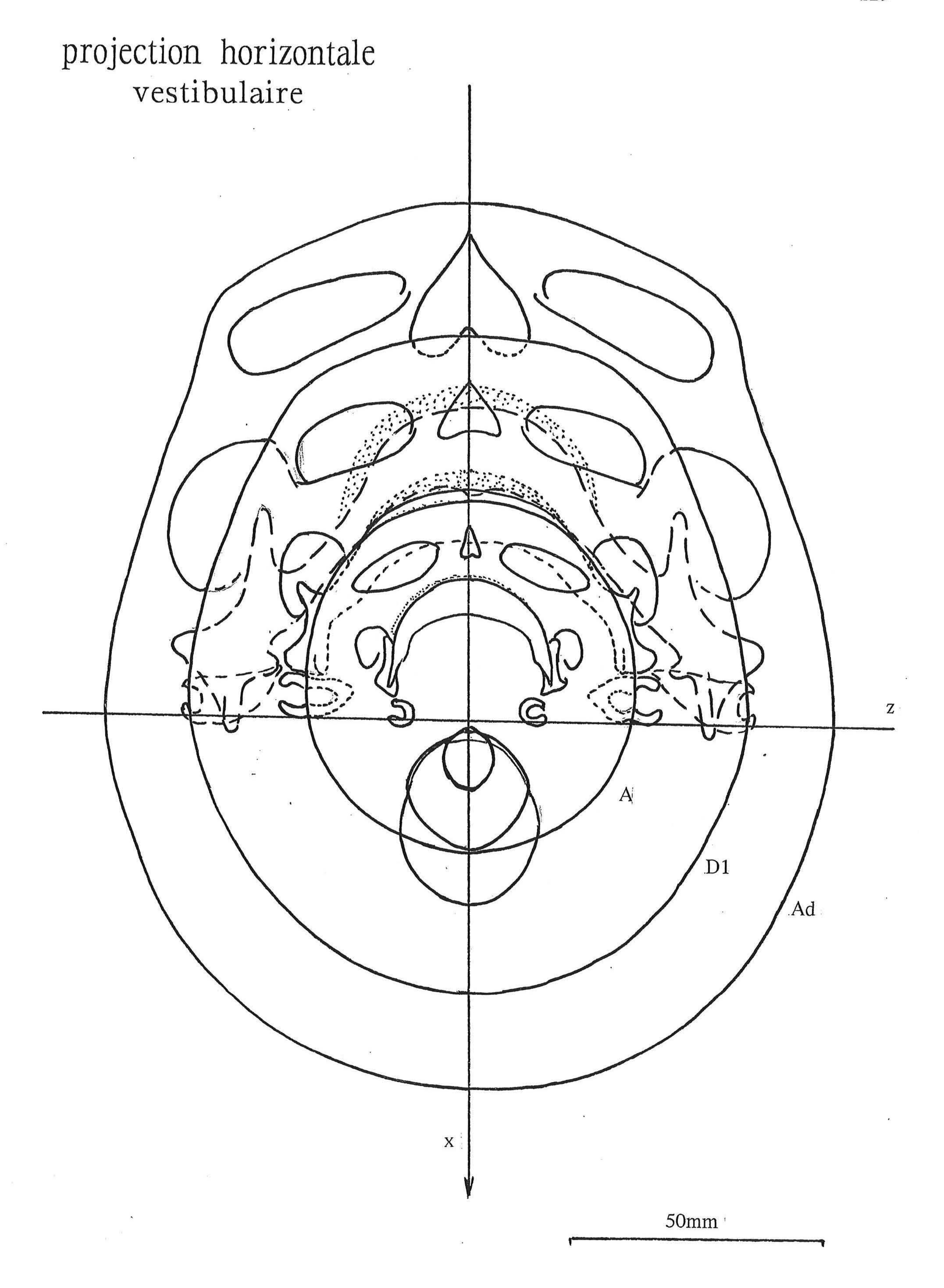
y

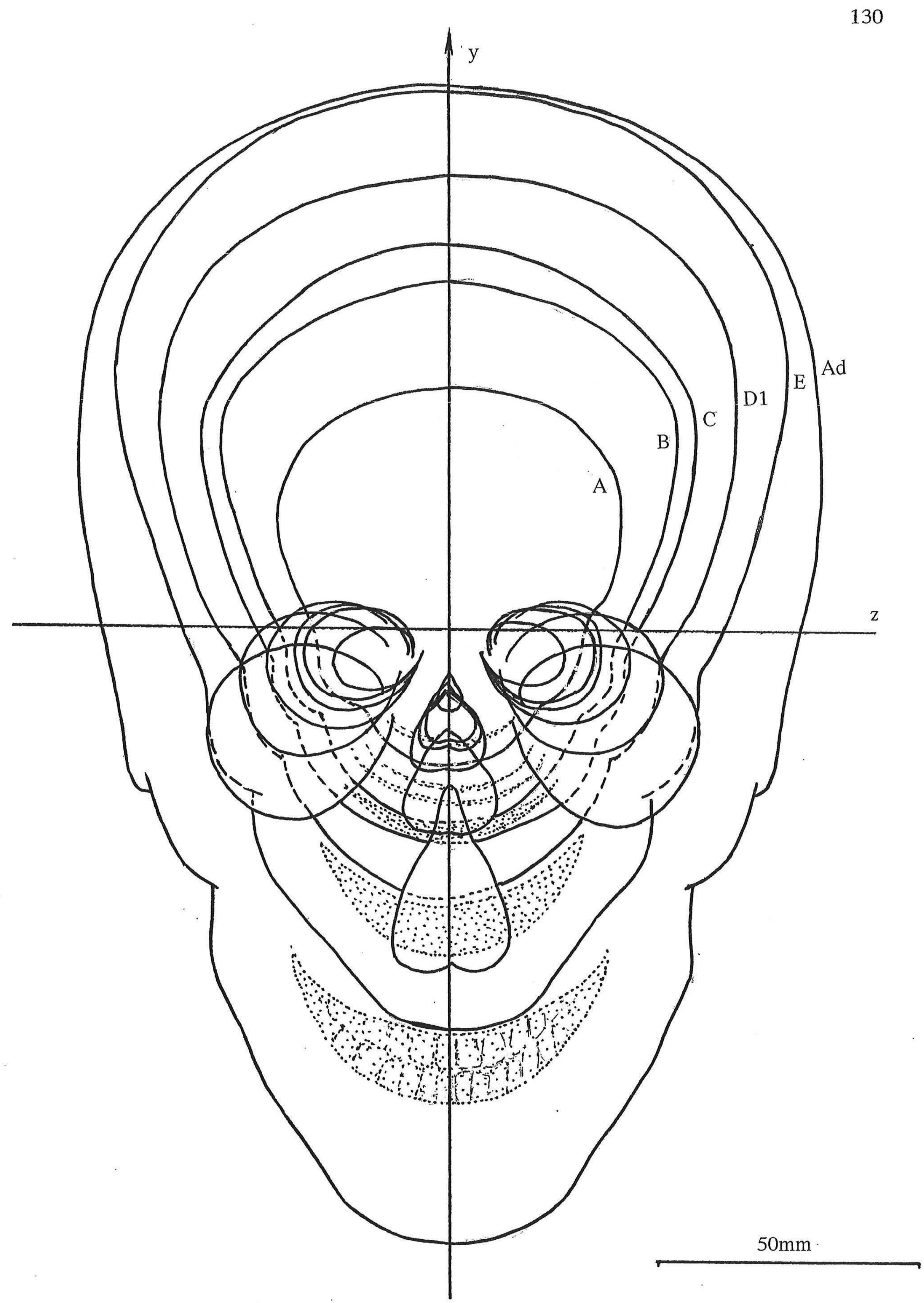
x

Ad E D1 C B A

50mm

profils sagittaux


projection horizontale
vestibulaire
z
A
D1
Ad
x
50mm

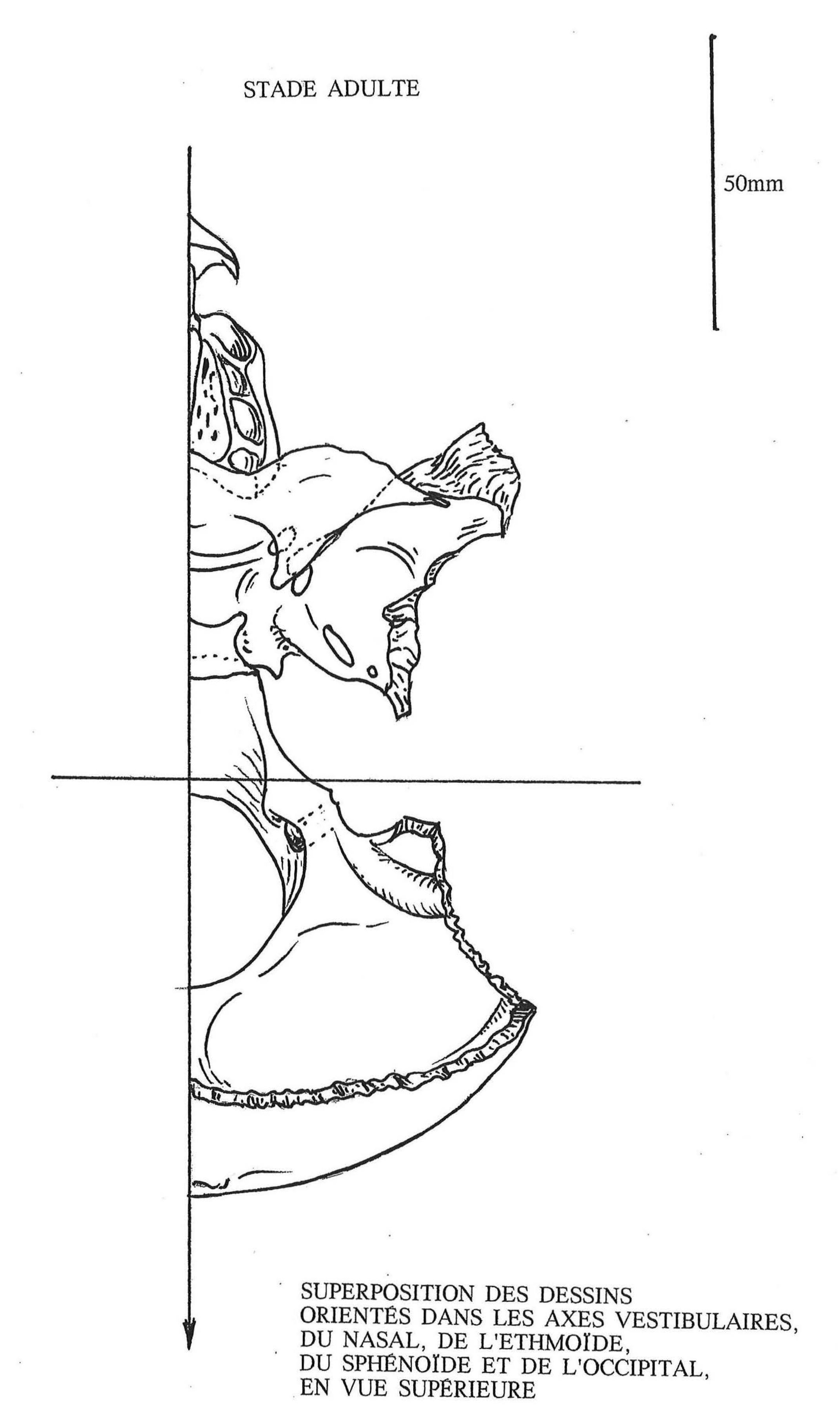



projection vertico-frontale
vestibulaire

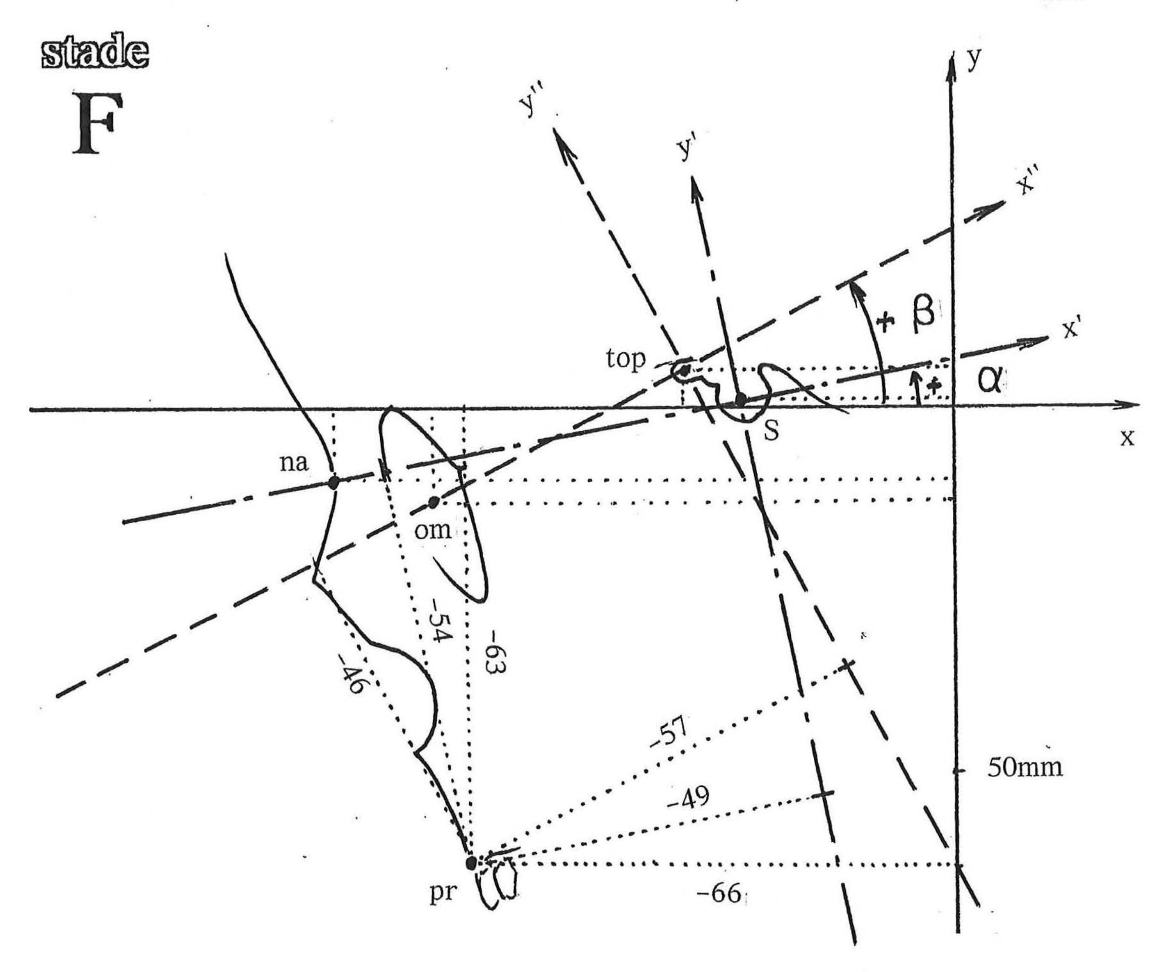
STADE ADULTE

50mm

SUPERPOSITION DES DESSINS
ORIENTÉS DANS LES AXES VESTIBULAIRES,
DU TEMPORAL, DU MAXILLAIRE,
ET DU FRONTAL,
EN VUE POSTÉRIEURE




SUPERPOSITION DES DESSINS
ORIENTÉS DANS LES AXES VESTIBULAIRES,
DU NASAL, DE L'ETHMOÏDE,
DU SPHÉNOÏDE ET DE L'OCCIPITAL,
EN VUE SUPÉRIEURE




APPLICATIONS D'EXEMPLES DE CHANGEMENTS D'AXES POUR LE PROSTHION: pr (x=-66 y=-63), AU STADE F, ENTRE LE SYSTÈME VESTIBULAIRE (x y) ET :

**LE SYSTÈME NA-S** centré en S (X=-29 , Y=+1) et passant par na (x=-84 ,y=-11).
rotation (de sens positif=antihoraire) des axes, sur crâne vu par la G:
elle est donnée par $tg\alpha = 1-(-11) \ / \ -29-(-84) = 0{,}2182$
d'où $\sin\alpha$= racine de$[\ (0{,}2182)^2 / \ 1+(0{,}2182)^2\ ] = 0{,}2132$
et $\cos\alpha$= racine de$[1 \ / \ 1+(0{,}2182)^2\ ] = 0{,}977$
Les nouvelles coordonnées (x' et y') du pr sont données par:

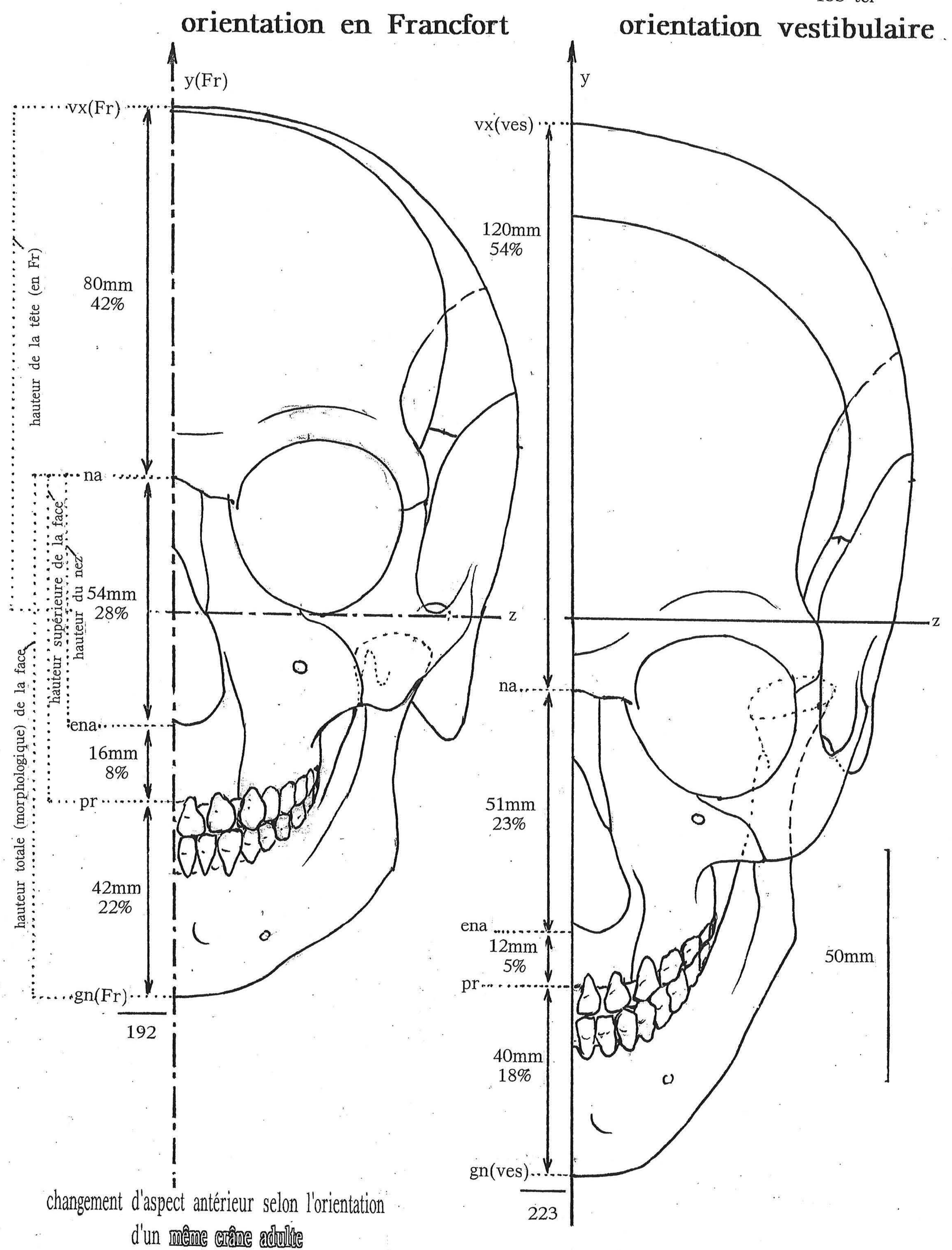
$$x' = (x-X)\cos\alpha + (y-Y)\sin\alpha$$
$$(-66-(-29))\times 0{,}977 + (-63-1)\times 0{,}2132 = -49{,}79$$

et

$$y' = (y-Y)\cos\alpha - (x-X)\sin\alpha$$
$$(-63-1)\times 0{,}977 - (-66-(-29))\times 0{,}2132 = -54{,}64$$

**LE SYSTÈME DE L'AXE ORBITAIRE** : top-om, centré au point top (X=-37 Y=+4,5) et passant par om (x=-70 , y=-13)
rotation des axes (sens positif), ici le calcul donne $tg\beta = 0{,}53$
conduisant à $\sin\beta = 0{,}4685$ et $\cos\beta = 0{,}8835$
les nouvelles coordonnées (x'' et y'') du pr, calculées par la méthode exposée précédemment sont: x''=-57,24 et y''=-46,03

Si l'on voulait utiliser une représentation où le sujet regarderait à droite, il faudrait changer le signe des abscisses.

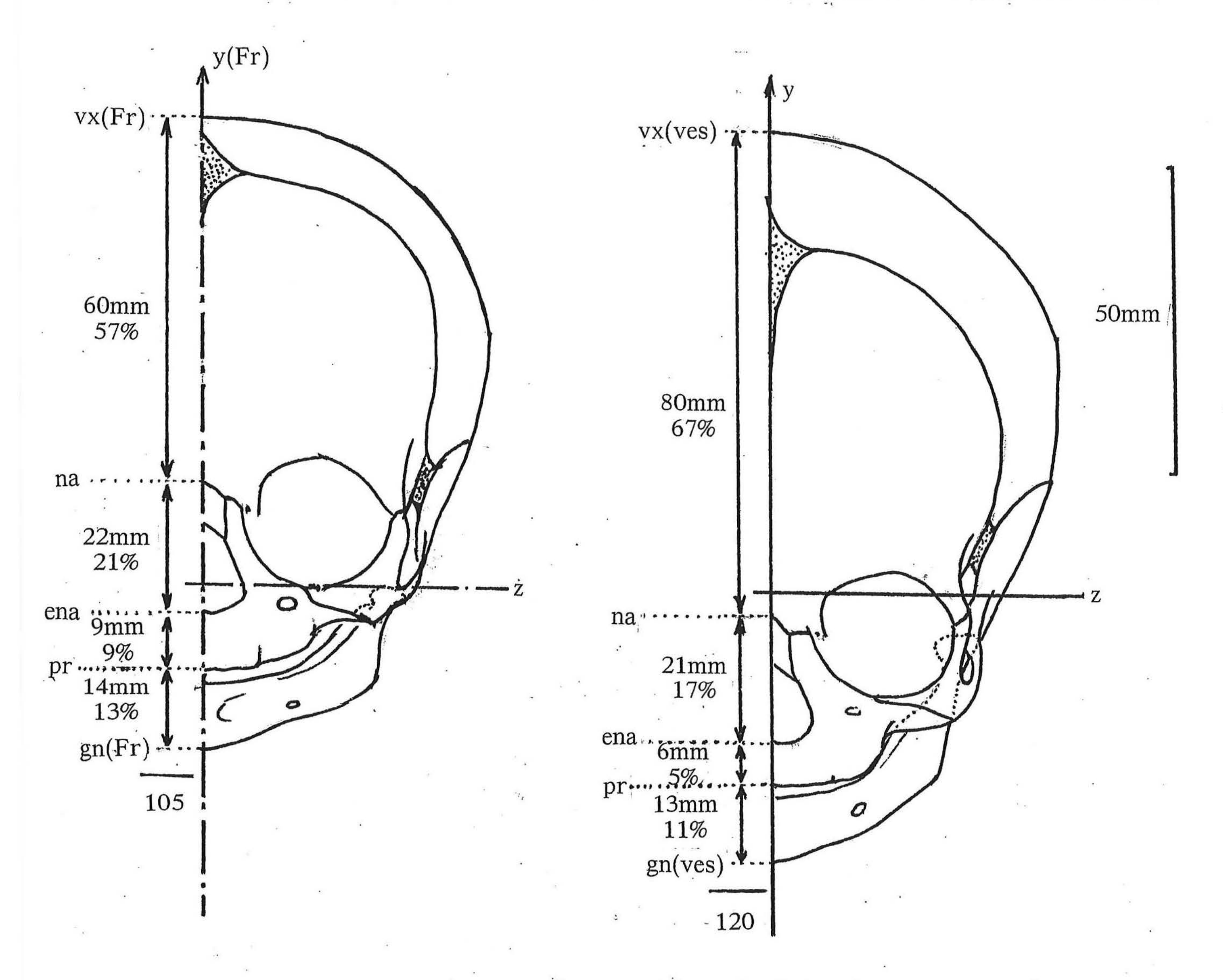



changement d'aspect antérieur selon l'orientation d'un même crâne adulte

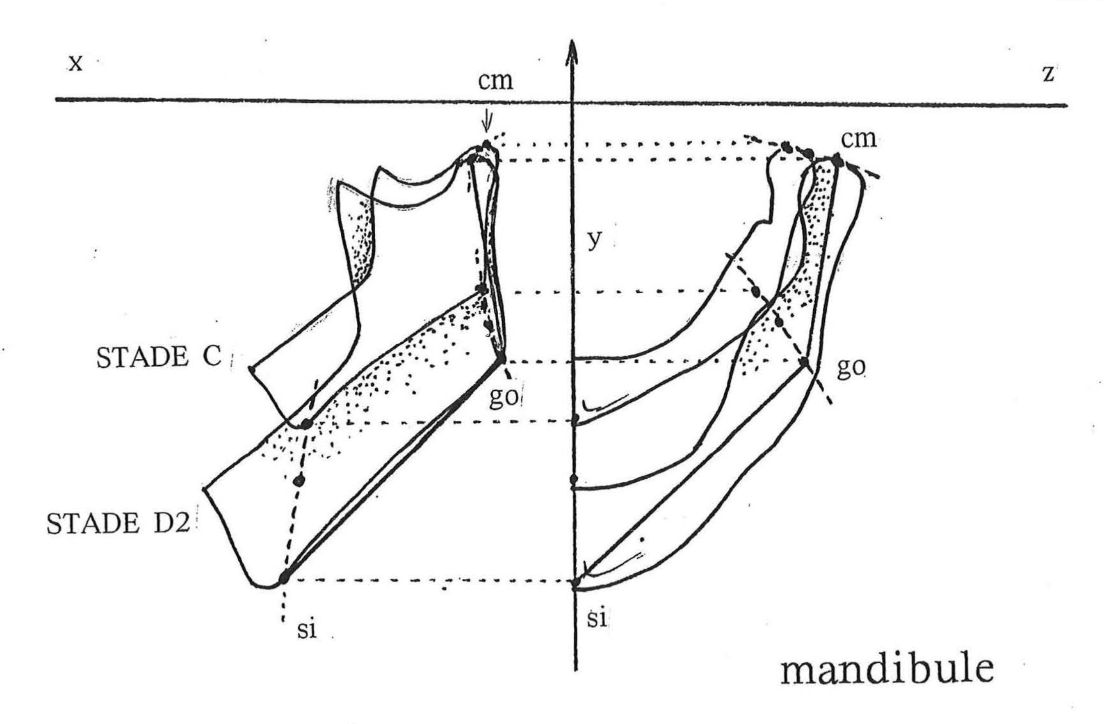
LES ÉTAGES DU CRÂNE

Une application des changements d'origines est apportée par l'iconographie représentant la *norma facialis* des stades : C (naissance) et Ad (adulte), en orientation de Francfort, obtenue exclusivement par calculs à partir des coordonnées vestibulaires. La comparaison est faite entre les deux orientations, pour chacun de ces 2 stades. Il est alors facile de se rendre compte de l'importance de l'orientation pour toute représentation autre qu'un profil latéral (où il suffit de tracer d'autres axes, sans modifier le dessin). La comparaison entre les différents niveaux du squelette céphalique se fait par la hauteur des 4 "étages" classiques. Dans ces conditions, ceux relatifs à la face sont supérieurs, en Francfort, à ceux obtenus par orientation vestibulaire, mais l'inverse s'observe pour le neurocrâne, tant à la naissance que chez l'adulte (et bien entendu, pour tous les autres stades intermédiaires!).

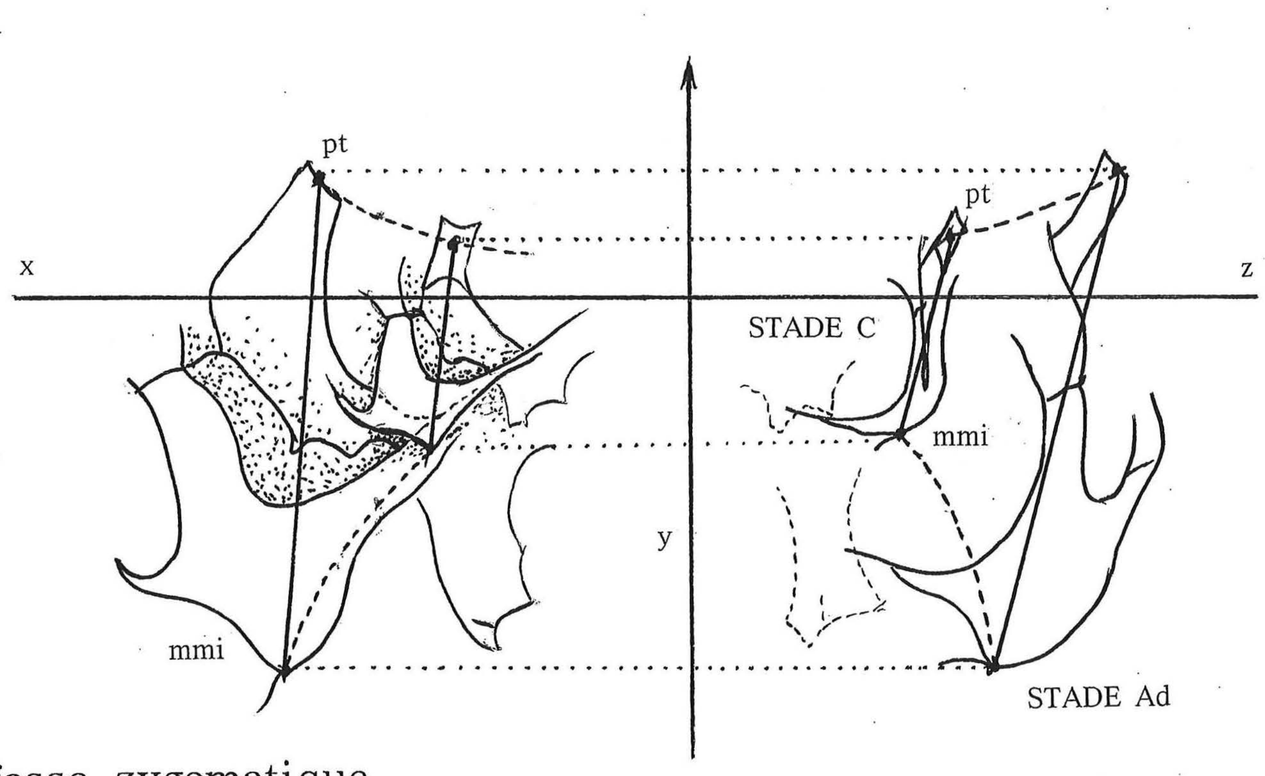
LES ÉTAGES DE LA TÊTE




changement d'aspect antérieur selon l'orientation d'un même crâne (naissance)




50mm




fosse zygomatique
(antérieure)

évolution ontogénique partielle

CALCUL DE LA DISTANCE, DANS L'ESPACE, ENTRE 2 POINTS

**EVOLUTION DU SEGMENT pt - mmi, de la naissance (C) à L'ADULTE (Ad)**

A la naissance (stade C), ce segment mesure :
racine de $(-32-(-34,5))^2 + (7,5-(-21))^2 + (34-27)^2 = 29,45$mm
Chez l'adulte il est de :
racine de $(-50-(-56))^2 + (17-(-51))^2 + (57-40)^2 = 70,35$mm
L'accroissement de la hauteur antérieure de la fosse zygomatique est de :
70,35-29,45 = 40,90 mm

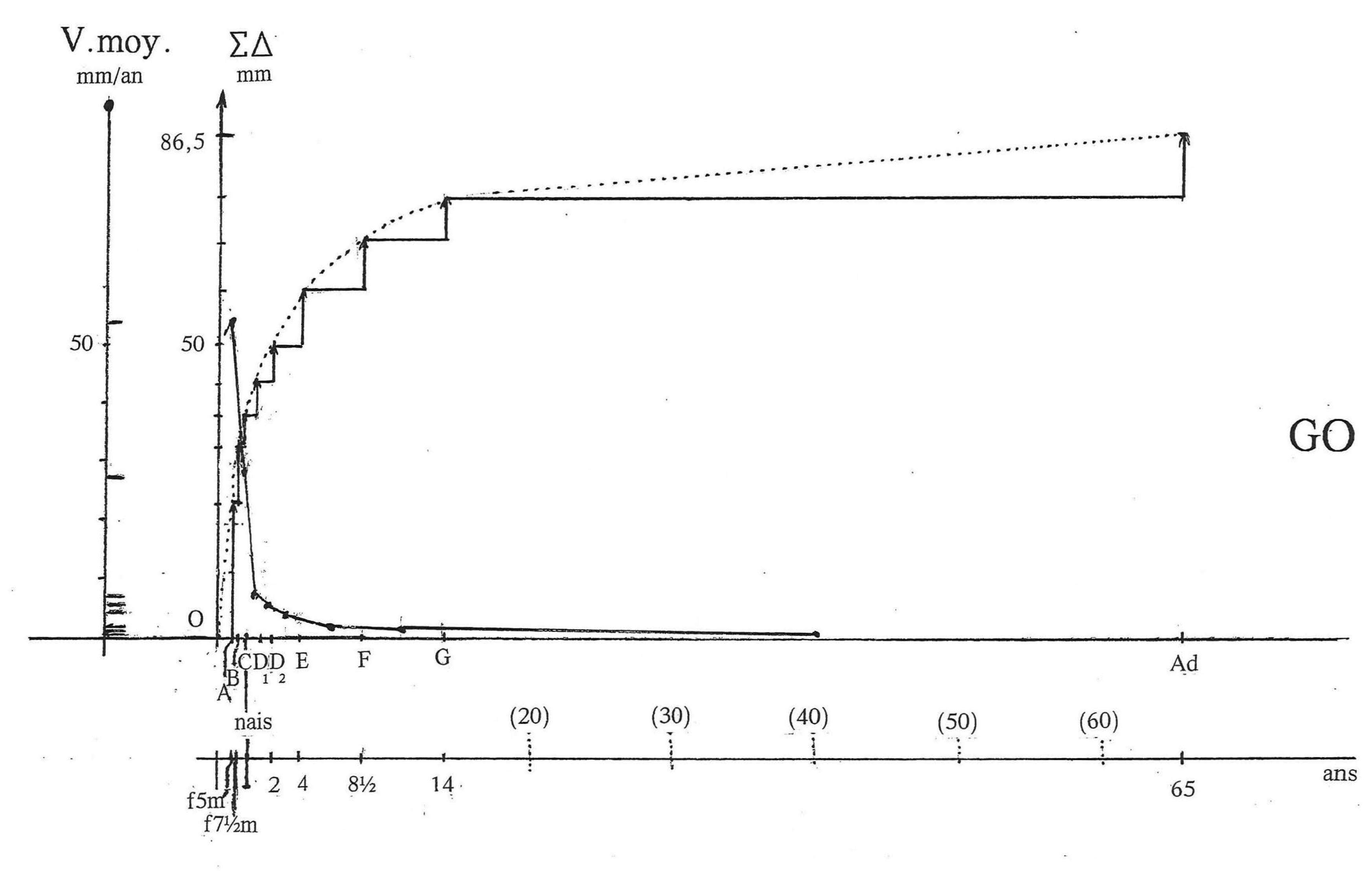
**CROISSANCE MANDIBULAIRE ENTRE LES STADES C (naissance) et D1 (8 mois et demi) et ENTRE D1 et D2 (2 ans), de la branche horizontale (de si à go) et de la branche montante (de go à cm).**

Stade C les coordonnées vestibulaires sont :
pour si : -35 -43 et 0 pour go : -13 -25 et +24 pour cm : -12 -6 et +29
Stade D1
pour si : -37 -51 et 0 pour go : -12 -30 et +28 pour cm :-12,2 -6,2 et +33
Stade D2
pour si : -39 -64 et 0 pour go : -10 -35 et +31 pour cm :-12,5 -6,5 et +37

Longueur si ⇔ go (en mm)
en C, c'est la racine de $(-35-(-13))^2 + (-43-(-25))^2 + (0-24)^2 = 37,20$
en D1, sa valeur calculée est de 42,53 , et
en D2, elle est de 51,41
Longueur go ⇔ cm (en mm)
en C, c'est la racine de $(-13-(-12))^2 + (-25-(-6))^2 + (24-29)^2 = 19,67$
en D1, sa valeur calculée est de 24,32
en D2, elle est de 29,23

Les accroissements de si ⇔ go sont de :
42,53-37,21 = 5,33 mm entre C et D1, puis de 8,88 mm entre D1 et D2
Les accroissements de go ⇔ cm sont de:
24,32-19,67 = 4,65 mm entre C et D1, puis de 4,91 mm entre D1 et D2

Les vitesses de croissance des branches mandibulaires, entre les stades considérés sont (en mm par an):
pour si ⇔ go : 5,33/0,7=7,61 de C à D1, et de 9,45/1,3=7,27 de D1 à D2
pour go ⇔ cm : 4,65/0,7=6,64 de C à D1 et de 4,91/1,3=3,78 de D1 à D2




amplitude du déplacement ontogénique
et vitesse du point GO

# AMPLITUDE ET VITESSE DU DÉPLACEMENT DES POINTS SUR LEUR TRAJET ONTOGÉNIQUE VESTIBULAIRE. - EXEMPLE POUR LE GONION go

A partir des coordonnées, lues dans les tableaux, on tire les valeurs absolues des différences (d) pour chacune (x y z), d'un stade au suivant, en considérant aussi celle entre le stade A et l'origine théorique, au zéro des axes.

La racine de la somme de leurs carrés fournit la distance Δ , parcourue par le point, d'un stade au suivant. La somme des Δ est la distance parcourue, dans l'espace vestibulaire tridimentionnel, par le gonion. Depuis le stade A, elle est de 63,11 mm. Si l'on y ajoute les 22,34 mm, déjà atteints au stade A , la distance totale devient 86,45 mm . Sur une courbe réelle, "lissée" , la valeur serait un peu supérieure à cette dernière.

La vitesse (v) du déplacement du gonion, le long de son trajet , est exprimée en mm par an. Dans chaque intervalle de classe d'âge , sa moyenne est obtenue en divisant la distance par le temps (t) mis pour la parcourir, exprimé en années ( et fractions décimales d' année). Évidemment , les vitesses diminuent fortement ; elles sont représentées sur le graphique, au milieu de l'intervalle considéré.

| intervalle | dx | dy | dz | Δ | t | v |
|---|---|---|---|---|---|---|
| O ⇔ A | 8 | 15 | 16 | (23,34) | 0,416 | (56,12) |
| A ⇔ B | 5 | 6 | 4 | 8,77 | 0,17 | 51,62 |
| B ⇔ C | 0 | 4 | 4 | 5,66 | 0,17 | 33,27 |
| C ⇔ D1 | 1 | 5 | 4 | 6,48 | 0,7 | 9,25 |
| D1 ⇔ D2 | 2 | 5 | 3 | 6,16 | 1,3 | 4,74 |
| D2 ⇔ E | 2 | 7 | 5 | 8,83 | 2 | 4,41 |
| E ⇔ F | 5 | 6 | 4 | 8,77 | 4,5 | 2,19 |
| F ⇔ G | 4 | 6 | 3 | 7,81 | 5,5 | 1,42 |
| G ⇔ Ad | 4 | 9 | 4 | 10,63 | 51 | 0,21 |

# calcul des angles

ANGLE ENTRE 2 SEGMENTS SAGITTAUX

exemple:pente de br-L sur la projection sagittale de l'axe orbitaire top-om au stade G
A partir des tableaux de coordonnées, on tire:

pente ($\alpha$) vestibulaire de br-L : $tg\alpha$= 88-78 / (-57-50) = -0,09345

$\alpha$= -5,34°

pente ($\beta$) vestibulaire de top-om: $tg\beta$=(-15-4) / (-74-(-37,5))=+0,5343

$\beta$= +28,11°

l'angle recherché est donc de -5,34 - 28,11 = -33,45°

(angle négatif ici car ouvert en avant)

ANGLE AYANT SON SOMMET SUR UN POINT IMPAIR ET DONT LES CÔTÉS PASSENT PAR 2 POINTS PAIRS SYMETRIQUES

exemple pour l'angle de sommet si et passant par les go de la mandibule au stade D2

si ⇔ go a déjà été calculé = 51,41, et l'on connait le z de go = 31.
$\gamma$ étant la moitié de l'angle recherché, $\sin\gamma$= 31 / 51,41 = 0,603
$\gamma$=37,08°. L'angle mesurant la divergence des 2 branches "horizontales" de la mandibule est donc de 74,17°

ANGLE DONT LE SOMMET EST UN POINT LATÉRAL

exemple : angle goniaque, mesuré dans l'espace tridimensionnel, entre les branches : go - si et go - cm, au stade D2.

Les 3 points intéressés forment un triangle dont on a déjà calculé 2 côtés : si - go = 51,41 et go - cm = 29,23.

Le calcul du troisième côté : si - cm donne 73,33

Par l'une des formules trigonométriques classiques de résolution des triangles, on peut écrire que :

$\cos\delta$ = [(29,23)$^2$+ (51,41)$^2$- (73,33)$^2$] / (2×29,23×51,41) = -0,826

Le signe du cosinus étant négatif, l'angle $\delta$ est de 180- 34,31 = 145,69°

Si l'angle avait été calculé en projection sur chacun des 3 plans de l'espace, les résultats auraient été différents :

en projection sagittale : 130°, ouvert en avant et en haut

en projection vertico-frontale : 144,98° ouvert en dedans et en haut

en projection horizontale : 114,29°, ouvert en avant et en dehors.

application phylogénique

y

E

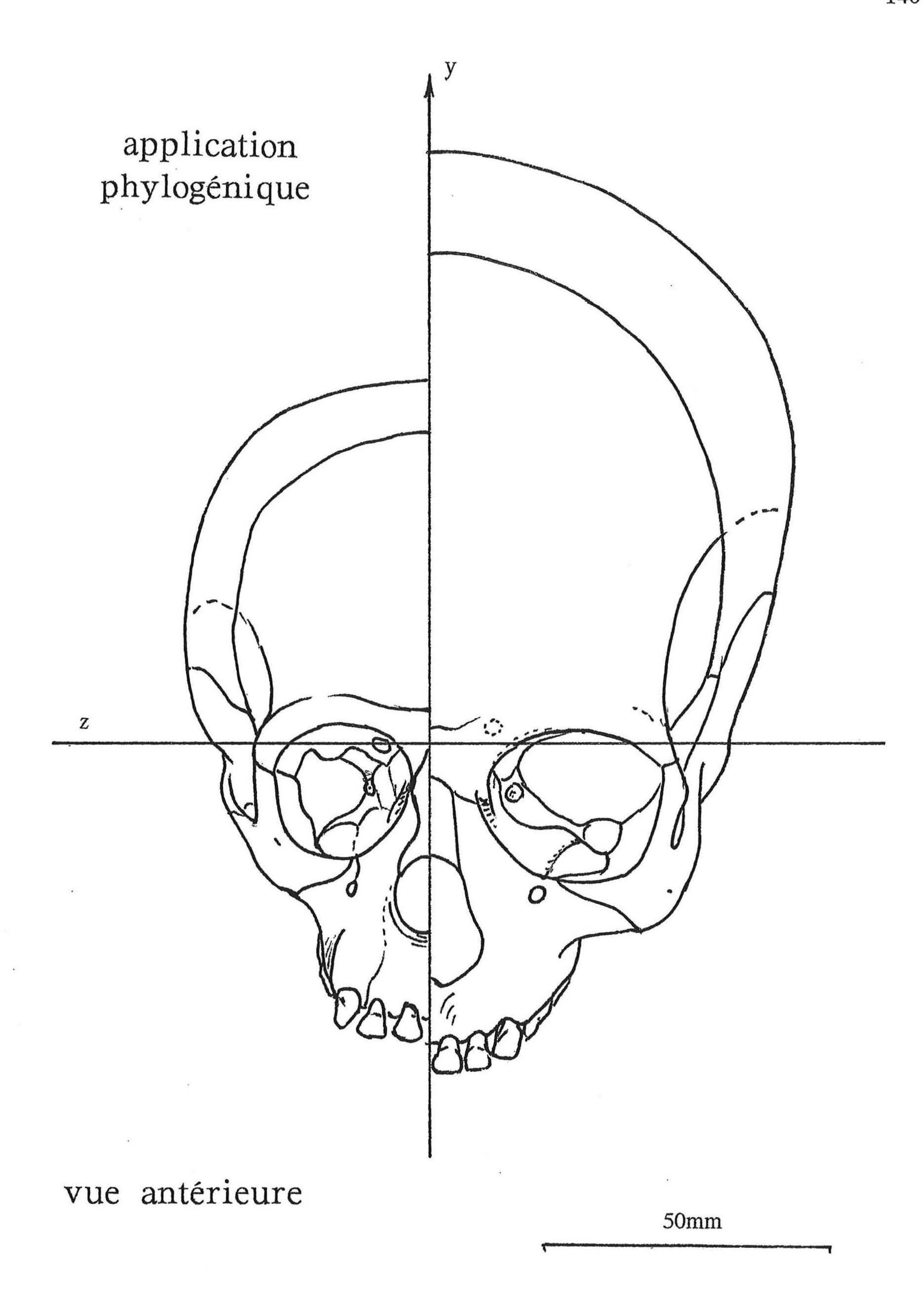
P P

x

vue médiane

COMPARAISON ENTRE STADE E ET PAN PANISCUS
DENTITIONS LACTEALES

50mm




COMPARAISON ENTRE STADE E ET PAN PANISCUS
DENTITIONS LACTEALES

# quelques références

1 Augier M. - 1931. Squelette céphalique. in : Traité d'anatomie humaine. Poirier et Charpy. I , fasc.1 , Masson éd. Paris.
2 Broca P. - 1862. Sur les projections de la tête et sur un nouveau procédé de céphalométrie. Bull. Soc. Anthrop. Paris. 1 , III, p.518.
3 Broca P. - 1875. Instructions craniométriques. Notions complémentaires sur l'ostéologie du crâne. Déterminations et dénominations nouvelles de certains points de repère. Nomenclature craniologique. Bull. Soc. Anthrop. Paris. 2 ,p.337.
4 Cabanis E.A., Iba-Zizen M.T., Godde-Jolly D., Haut J. et Hamard H. - 1980. Anatomie tomodensitométrique de la vascularisation orbitaire. Bull. Soc. Ophtalmol. Fr., 79, 6-7, pp.511-515.
5 Cabanis E.A., Fenart R. et all. - 1982. Le plan neuro-oculaire en tomodensitométrie ou scanner. Détermination d'un "nouveau" plan horizontal de référence céphalique, orienté selon les voies visuelles. Rev. Biom. hum. Paris., XVII, pp. 21-48.
6 Canal P. - 1986. Recherches sur le plan de symétrie cranienne par la méthode d'orientation vestibulaire. Application à une collection anatomique. Th. Dr. Etat en Odontol. Paris, pp.1-145.
7 Cousin R.P. - 1969. Etude en projection sagittale, de crânes d'enfants orientés dans les axes vestibulaires. Th. Dr. en Sc. Odontol. Paris.
8 Cousin R.P. - 1974. Etude tridimensionnelle du pariétal humain en orientation vestibulaire. Essais d'application à la Paléontologie humaine. Th. Dr. Etat ès Sc. nat. Paris VI.
9 Dardenne J. - 1970. Etude comparative des principaux paramètres sagittaux de la face et du crâne chez l'Homme et les chimpanzés, par la méthode vestibulaire d'orientation. Th. Sc. Odontol. Lille.
10 De Cyon E. - 1911. L'oreille, organe d'orientation dans le temps et l'espace. Alcan éd. Paris.
11 Delattre A et Fenart R. - 1960. L'hominisation du crâne, étudiée par la méthode vestibulaire. éd. du CNRS. Paris.
12 Delattre A. et Fenart R. - 1963-1964. Etude des projections : horizontale et vertico-frontale du crâne, au cours de l'hominisation. L'Anthropologie. 67,1&2,pp.85-114, 3&4, pp.301-346, 5&6,pp.525-562, 68,1&2,pp.95-132.
13 Fenart R. - 1953 - Ontogénèse cranio-faciale chez l'Homme. Etude des lieux géométriques des principaux points craniométriques en projection sagittale. Rev. Scient. 3322.
14 Fenart R. et Deblock R. - 1973. Pan paniscue et Pan troglodytes. Craniométrie. comparative et ontogénique selon les méthodes classiques et vestibulaire. éd. du Mus. Roy. de l'Afr. Centrale. Tervuren, Belgique. Sc.Zool. N°204.
15 Fenart R. et Terk B. - 1995. Fonction discriminante et sénescence cranio-faciale. Cah. d'Anthrop. et de Biom. Hum. Paris. XIII, 1&2, pp.85-102.
16 Fenart R. - 1996. L'orientation vestibulaire. Confér. inaug. du XXXIVème Congr. Fr. de Stomatol. et Chir. Maxillo-faciale (Lille-1995). Cah. de Stomatol. et Chir. Maxillo-faciale, n°1, pp.3-14.
17 Girard L. - 1923. Le plan des canaux semi-circulaires horizontaux considéré comme plan horizontal de la tête. Bull. Soc. Anthrop. Paris., 7, IV.
18 Girard L. - 1947. Port habituel de la tête et fonction vestibulaire. Mammalia X, 1&2.
19 Heuertz M. - 1935. Craniométrie humaine par la méthode de la géométrie descriptive. Bull. Soc. Anthrop. Paris. VI, 8.
20 Loreille J.P. - 1975. Détermination de la position "habituelle" de la tête, par clinomètre enregistreur. Première application à l'Homme, en orientation vestibulaire. Th. Dr. en Sc. Odontol. Paris.
21 Loubaud J.P. - 1976. Détermination, par calcul électronique, de la situation du plan médian de la tête, basée sur la méthode d'orientation vrstibulaire. Th. Dr. en Sc. Odontol. Paris.
22 Olivier G., Libersa C. et Fenart R. - 1955. Le crâne du Semnopithèque. Mammalia, XIX, 7.

23 Papillault G. - 1902. L'Homme moyen à Paris. 1902. Bull. Soc. Anthrop. Paris.
24 Pélerin Paul - 1985. Ostéométrie du frontal humain durant l'ontogénèse. Orientation vestibulaire. Th. Dr. Etat en Biol. humaine. Paris VI.
25 Pellerin Claude - 1983. Le crâne humain en orientation vestibulaire. Etude de 9 populations récentes. Th. Dr. es Sc. Paris V.
26 Pellerin Philippe, Piral T., Pertuzon B., Dhellemmes P. et Fenart R. - 1993. Vestibular orientation of the skull by mean of the CT-Scan in cranio-facial deformities. C.R. V°internat. Congress. Internat. Soc. of cranio-facial surgery. Oaxaca-Mexico. I, Basic science, pp.3-7.
27 Pellerin Ph., Fenart R., Piral T., Dhellemmes P. et Ferri J. - 1995. Les applications chirurgicales des orientations vestibulaires. Rev. de Stomatol. et de Chir. maxillo-faciale, 96, 4, p.214.
28 Pertuzon B., Pruvo J.P., Pellerin Ph., Ferri J. Piral T. et Fenart R. - 1995. Technique de l'orientation vestibulaire par imagerie numérisée. Rev. de Stomatol. et de Chir. maxillo-faciale. 96, 4, pp.209-213.
29 Piral T., Pertuzon B., Empereur-Buisson R., Pellerin Ph., Donazzan M. et Fenart R.- 1995. Orientation vestibulaire en pathologie cranio-maxillo-faciale. Rev. de Stomatol. et de Chir. maxillo-faciale. 96, 4, pp.207-209.
30 Perez F. - 1922. Craniologie vestibienne, ethnique et zoologique. Bull. Soc. Antrop. Paris.7, III, 16-32.
31 Perez F. - 1923. Estudios de anatomia comparada en relación con la otologia. Physis. VI, 22, 155-219..
32 Ramelot J. - 1980. Compléments de recherches sur la croissance de la face, en orientation vestibulaire. Th. Dr. en Sc. Odontol. Lille.
33 Salmon J.P. - 1972. Différences sexuelles d'éléments cranio-faciaux osseux et cutanés, chez l'enfant et l'adulte jeune, en orientation vestibulaire. Th. Dr. en Sc. Odontol. Lille.
34 Terk (Mme) Chalanset C. - 1988. Étude tridimensionnelle de la face du gorille, dans les axes vestibulaires, chez l'adulte et aux divers stades de la croissance. Th. Dr. de l'Université R.Descartes, Paris V.
35 Topinard P. - 1885. Éléments d'Anthropologie générale. Delahaye et Lecrosnier éd. Paris.

# FASCICULE 2



Ce deuxième fascicule du travail sur la *craniographie vestibulaire* applique quelques-unes des suggestions proposées dans le premier, en utilisant les *coordonnées vestibulaires des points craniométriques,* et ceci, dans les 9 stades ontogéniques retenus. Une homogénéité est ainsi assurée à cette recherche, malgré un léger "lissage" éventuel rendu nécessaire par des fluctuations de quelques valeurs (notamment angulaires) issues de calculs successifs.

L'iconographie précise constamment : les stades représentés (définis dans le fascicule 1), l'orientation des axes utilisés, ainsi que l'échelle employée pour le dessin (généralement en grandeur naturelle).

Les abréviations utilisées pour désigner les points sont celles qui ont été précisées en début d'ouvrage. Lorsque le besoin s'en ent fait sentir pour l'étude de certaines régions, quelques points supplémentaires ont été ajoutés. Leur définition et les valeurs de leurs coordonnées ont alors été apportées, pour tous les stades . ☆

La pagination du texte est la suite de celle du fascicule 1. Elle commence donc à 143.

Seuls quelques compléments bibliographiques essentiels à la compréhension du texte seront ajoutés aux références générales déjà publiées

---

☆ points supplémentaires (fasc.2) et pages où ils sont définis

atb (224), cf (224), crm (323), C1 (344), C2 ( 338), C3 ( 347), points dentaires (160), **F** (223), ff (188), points inter-dentaires (169), im (293), iexo (264), ji (331), **K'** (338), **M** (232), mfm (323), **O** (247 & 3), ocl (173), ol (334), **P** (230 & 169), pb (264), perf (314), pr.mfm (328), **T** (232), tsph (325), $x_u$ & $x_v$ (264), **ZK** (338).

page

SOMMAIRE 144



☆ planches couleurs

# LES MIGRATIONS ONTOGÉNIQUES

# DISTANCES PARCOURUES PAR LES POINTS SUR LEUR TRAJET ONTOGÉNIQUE

# DISTANCES PARCOURUES ( d )

Dans les pages qui suivent et où, sans mensurations directes des paramètres, les résultats ressortent de l'utilisation **exclusive** des coordonnées vestibulaires, est proposé le détail des distances (d) parcourues par tous les points retenus (y compris ceux dont le positionnement a parfois été assez délicat), durant chaque intervalle séparant les stades ontogéniques successifs, tels qu'ils ont été définis précédemment (p.3).

En plus des 8 intervalles compris entre le stade A (fœtus de ∽ 5 mois) et le stade adulte (Ad ∽ 65 ans), on a ajouté la période OA précédant A, à partir du point zéro de l'origine des coordonnées linéaires sur les axes vestibulaires, point qui est aussi l'origine de la quatrième dimension intervenant dans toute étude ontogénique : le temps.

Le choix du fœtus de 5 mois comme départ (A) des tranches, peut paraître conventionnel; il est fonction à la fois de notre matériel d'étude et du degré de crédibilité du positionnement des points. En effet, un certain nombre d'entre eux présentent déjà, à ce moment, de sérieuses difficultés quant à leur définition, phénomène qui n'aurait fait qu'empirer si l'on était parti d'un âge plus précoce!

Tous les trajets ontogéniques semblant diverger du centre des axes vestibulaires, il faut aussi se poser la question de savoir à quoi répond le point O, au début du développement, c'est à dire avant la différenciation des canaux semi-circulaires (puisqu'il a été défini comme étant le milieu du segment unissant les centres de ces canaux). Les premiers centres d'ossification au niveau céphalique apparaissent chez l'embryon de 15 mm (VC), l'otocyste, à l'état membraneux, façonne le canal semi-circulaire latéral à 13 mm, et la placode otique qui est à l'origine de l'otocyste est reconnaissable à 3 mm (donc à moins d'un mois fœtal). Lorsque les labyrinthes sont encore latents, le point O peut être considéré comme étant à l'origine de toute chose : le corps, la tête et, dans celle-ci, tous les organites qui serviront à définir des axes d'orientation, qu'ils soient "vestibulaires" ou non. Seul l'œuf répond à cette tottipotentialité! Ce qu'on a nommé la tranche OA répond en fait à "tout ce qui se passe avant le stade fœtal de 5 mois".

Ainsi, ce sont finalement 9 intervalles qui ont été retenus dans nos tableaux où la somme ($\Sigma$) des trajets parcourus durant chacun d'eux, dans "l'espace vestibulaire", a été calculée, d'abord de A à Ad, à quoi on a ajouté la valeur d de OA pour obtenir une somme répondant au déplacement total des points craniométriques (et de leurs précurseurs) depuis l'origine théorique O.

# INTERVALLES
(d en mm)

| | OA | AB | BC | CD1 | D1D2 | D2E | EF | FG | GAd | $\sum_A Ad$ | $\sum_O Ad$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 37,73 | 15,23 | 4,47 | 6,40 | 8,48 | 9,43 | 8,60 | 2,24 | 16,12 | 70,99 | 108,72 |
| ant | 45,60 | 21,93 | 5,00 | 9,85 | 10,00 | 8,06 | 4,47 | 1,41 | 10,29 | 71,07 | 116,68 |
| B | 36,79 | 16,97 | 4,47 | 6,32 | 10,77 | 11,70 | 13,34 | 4,12 | 15,13 | 82,84 | 119,64 |
| ba | 5,85 | 2,06 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 2,00 | 2,00 | 2,24 | 5,10 | 17,90 | 23,75 |
| br | 47,01 | 21,40 | 6,40 | 12,08 | 12,64 | 5,10 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 60,63 | 107,64 |
| bri | 47,01 | 21,40 | 6,40 | 12,08 | 12,65 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 57,54 | 104,54 |
| cra | 43,29 | 13,75 | 4,00 | 7,00 | 6,08 | 6,32 | 2,24 | 1,41 | 6,40 | 47,20 | 81,49 |
| crp | 25,09 | 10,01 | 1,41 | 6,02 | 4,00 | 2,24 | 4,00 | 2,00 | 6,71 | 36,39 | 61,47 |
| ei | 27,29 | 10,96 | 7,83 | 7,28 | 7,07 | 1,00 | 1,41 | 1,41 | 7,21 | 44,15 | 71,44 |
| ena | 38,47 | 13,93 | 5,28 | 6,71 | 9,89 | 7,81 | 8,06 | 3,60 | 16,27 | 71,68 | 110,15 |
| gl | 40,00 | 17,02 | 2,06 | 8,00 | 9,00 | 9,00 | 5,00 | 2,82 | 11,31 | 64,23 | 104,23 |
| hoi | 7,07 | 2,24 | 1,12 | 1,11 | 0,71 | 0,71 | 1,58 | 1,41 | 5,00 | 13,88 | 20,95 |
| hoe | 8,60 | 4,12 | 1,41 | 1,80 | 1,50 | 2,23 | 5,00 | 2,82 | 2,24 | 21,12 | 29,72 |
| I | 29,29 | 11,41 | 7,61 | 9,05 | 7,07 | 3,00 | 1,80 | 1,41 | 9,01 | 50,36 | 79,65 |
| id | 36,23 | 17,80 | 1,41 | 7,61 | 11,18 | 11,40 | 12,37 | 3,60 | 16,12 | 81,51 | 117,75 |
| L | 40,49 | 18,79 | 8,94 | 10,00 | 10,72 | 3,16 | 2,06 | 1,12 | 3,00 | 57,79 | 98,28 |
| Li | 40,49 | 18,79 | 8,94 | 7,81 | 7,81 | 2,24 | 1,80 | 1,50 | 4,47 | 53,36 | 93,85 |
| mf | 47,01 | 21,02 | 6,71 | 10,00 | 12,20 | 7,21 | 2,00 | 1,41 | 1,41 | 61,98 | 108,99 |
| na | 36,22 | 18,00 | 2,00 | 8,00 | 9,22 | 7,00 | 5,65 | 3,16 | 8,60 | 61,64 | 97,86 |
| op | 13,53 | 5,50 | 4,12 | 4,12 | 4,24 | 3,60 | 2,24 | 2,23 | 5,10 | 31,15 | 44,68 |
| opc | 35,00 | 20,84 | 7,81 | 9,85 | 8,54 | 3,00 | 2,24 | 2,23 | 10,00 | 64,50 | 99,49 |
| pog | 38,54 | 15,30 | 4,12 | 9,05 | 11,40 | 13,34 | 12,16 | 7,28 | 21,09 | 93,74 | 132,28 |
| post | 32,07 | 12,75 | 9,43 | 10,29 | 9,49 | 3,60 | 2,24 | 2,24 | 5,83 | 55,87 | 87,94 |
| pp | 21,09 | 8,54 | 1,41 | 7,07 | 3,64 | 4,92 | 7,07 | 3,16 | 7,07 | 42,88 | 63,97 |
| pr | 37,20 | 16,55 | 3,60 | 6,40 | 10,82 | 8,94 | 10,77 | 2,83 | 14,03 | 73,94 | 111,14 |
| rh | 39,56 | 17,00 | 4,00 | 6,08 | 10,77 | 7,81 | 8,60 | 2,83 | 10,63 | 67,72 | 107,28 |
| S | 12,01 | 5,22 | 1,00 | 3,16 | 2,50 | 2,69 | 3,16 | 1,00 | 2,24 | 20,97 | 32,98 |
| si | 35,47 | 17,03 | 3,16 | 8,25 | 13,15 | 11,04 | 13,04 | 6,08 | 21,02 | 92,77 | 128,24 |
| vx | 46,87 | 22,09 | 8,06 | 12,04 | 11,00 | 6,00 | 1,00 | 0,00 | 2,00 | 62,19 | 109,07 |
| ac | 46,00 | 22,00 | 8,00 | 12,00 | 10,00 | 6,00 | 2,00 | 0,00 | 1,00 | 61,00 | 107,00 |
| pv | 39,50 | 15,50 | 3,01 | 7,00 | 9,00 | 10,00 | 4,00 | 4,00 | 8,00 | 60,50 | 100,00 |
| rv | 15,00 | 4,00 | 4,00 | 11,00 | 10,00 | 3,00 | 2,00 | 2,00 | 6,00 | 42,00 | 57,00 |

entre les positions successives des points **impairs**

| | OA | AB | BC | CD1 | D1D2 | D2E | EF | FG | GAd | $\Sigma_A Ad$ | $\Sigma_O Ad$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ae | 19,65 | 9,11 | 1,50 | 5,02 | 4,58 | 3,74 | 8,08 | 6,10 | 2,45 | 40,59 | 60,24 |
| ai | 20,10 | 8,60 | 2,45 | 5,09 | 6,40 | 4,24 | 6,34 | 4,06 | 7,22 | 44,43 | 65,53 |
| ast | 24,49 | 8,97 | 7,99 | 6,71 | 6,14 | 4,36 | 4,27 | 2,29 | 5,74 | 47,81 | 72,31 |
| asti | 24,49 | 9,90 | 3,74 | 9,00 | 5,10 | 5,59 | 5,22 | 2,69 | 4,30 | 45,54 | 70,03 |
| car | 11,45 | 4,14 | 2,83 | 4,12 | 2,29 | 1,42 | 2,29 | 2,23 | 5,04 | 24,38 | 35,83 |
| ce | 22,07 | 8,06 | 8,01 | 3,04 | 3,08 | 2,87 | 6,28 | 3,00 | 7,14 | 41,46 | 63,53 |
| ci | 16,59 | 6,73 | 5,31 | 3,67 | 1,50 | 2,12 | 3,39 | 1,50 | 4,50 | 28,79 | 45,31 |
| cm | 17,90 | 8,12 | 6,16 | 4,00 | 4,02 | 2,12 | 4,15 | 3,64 | 5,40 | 37,61 | 55,51 |
| coe | 11,83 | 2,44 | 2,34 | 3,67 | 4,92 | 3,64 | 3,64 | 3,64 | 4,38 | 28,67 | 40,50 |
| coi | 8,66 | 2,83 | 2,45 | 3,20 | 2,29 | 2,87 | 6,34 | 2,45 | 5,92 | 28,35 | 37,01 |
| cor | 25,34 | 11,36 | 6,02 | 2,87 | 3,20 | 4,50 | 5,12 | 5,41 | 7,50 | 45,98 | 71,32 |
| cpp | 24,92 | 8,77 | 1,50 | 6,18 | 5,92 | 5,38 | 6,08 | 2,23 | 9,05 | 45,13 | 70,05 |
| eu | 42,16 | 17,69 | 2,83 | 16,28 | 7,09 | 4,58 | 7,68 | 5,47 | 10,63 | 69,51 | 111,68 |
| fsh | 19,03 | 4,30 | 3,04 | 4,30 | 5,41 | 1,50 | 1,87 | 1,87 | 2,12 | 24,41 | 43,44 |
| fzp | 23,26 | 9,27 | 3,74 | 3,20 | 3,39 | 4,15 | 7,35 | 2,29 | 5,02 | 38,41 | 61,67 |
| go | 23,34 | 8,77 | 5,66 | 6,48 | 6,16 | 8,83 | 8,77 | 7,81 | 10,63 | 63,11 | 86,45 |
| gr | 17,73 | 5,48 | 4,89 | 3,64 | 3,24 | 1,22 | 3,32 | 1,50 | 2,87 | 26,16 | 40,89 |
| J | 13,75 | 5,24 | 3,94 | 6,04 | 4,06 | 4,36 | 3,32 | 2,87 | 2,93 | 32,76 | 46,51 |
| mac | 24,92 | 11,93 | 3,20 | 6,16 | 6,16 | 6,80 | 8,62 | 3,74 | 13,37 | 60,00 | 84,92 |
| mas | 19,65 | 4,58 | 4,12 | 7,22 | 6,26 | 4,36 | 8,96 | 8,50 | 10,21 | 54,21 | 73,86 |
| me | 17,81 | 5,05 | 5,02 | 2,06 | 3,04 | 3,00 | 5,02 | 2,12 | 2,23 | 27,54 | 45,35 |
| mi | 36,15 | 14,03 | 5,74 | 4,35 | 7,84 | 10,82 | 10,34 | 5,12 | 11,15 | 69,39 | 105,54 |
| mmi | 31,40 | 11,18 | 6,73 | 6,18 | 7,07 | 4,12 | 5,38 | 5,92 | 11,35 | 57,93 | 89,33 |
| nae | 36,45 | 14,35 | 4,24 | 6,48 | 9,45 | 6,42 | 7,76 | 3,20 | 18,22 | 70,13 | 106,58 |
| nm | 38,03 | 16,10 | 5,12 | 6,73 | 9,22 | 6,73 | 9,23 | 2,06 | 16,35 | 71,54 | 109,57 |
| os | 35,47 | 15,50 | 5,59 | 6,32 | 10,25 | 4,69 | 4,58 | 4,89 | 8,48 | 60,30 | 95,77 |
| oex | 36,36 | 11,18 | 4,50 | 8,06 | 9,97 | 7,23 | 5,12 | 5,12 | 5,74 | 56,94 | 93,29 |
| oif | 32,28 | 14,46 | 4,12 | 7,55 | 9,29 | 3,77 | 6,71 | 4,12 | 9,64 | 59,67 | 91,95 |
| oit | 34,53 | 15,11 | 4,15 | 6,10 | 8,26 | 4,38 | 5,43 | 4,15 | 7,23 | 54,81 | 89,34 |
| om | 33,15 | 14,35 | 4,50 | 6,34 | 9,46 | 4,39 | 4,90 | 5,12 | 8,06 | 57,13 | 90,28 |
| ov | 13,42 | 5,38 | 4,90 | 3,32 | 1,73 | 3,00 | 1,73 | 1,73 | 3,00 | 24,79 | 38,21 |
| pai | 26,57 | 13,60 | 4,12 | 6,67 | 6,67 | 9,27 | 7,28 | 6,16 | 13,27 | 67,05 | 93,62 |
| per | 14,45 | 5,22 | 4,39 | 2,69 | 2,29 | 2,45 | 2,06 | 2,06 | 3,74 | 24,90 | 39,35 |
| pie | 26,85 | 9,27 | 5,19 | 4,72 | 7,30 | 4,58 | 3,35 | 2,87 | 5,74 | 43,02 | 69,87 |
| pii | 25,58 | 7,35 | 7,03 | 4,15 | 7,09 | 4,15 | 4,12 | 3,46 | 1,73 | 39,08 | 64,66 |
| po | 17,24 | 6,50 | 6,00 | 5,00 | 4,12 | 3,00 | 6,00 | 4,00 | 5,83 | 40,45 | 57,69 |
| pt | 33,72 | 10,92 | 3,20 | 8,20 | 7,81 | 5,10 | 5,48 | 1,73 | 3,74 | 46,18 | 79,90 |
| pti | 33,66 | 10,19 | 3,74 | 6,42 | 6,42 | 5,10 | 4,50 | 2,74 | 2,74 | 41,85 | 75,51 |
| py | 23,19 | 8,60 | 4,12 | 4,69 | 5,19 | 6,63 | 8,12 | 3,20 | 11,85 | 52,42 | 75,61 |
| so | 32,57 | 12,73 | 5,48 | 5,48 | 6,71 | 4,89 | 8,06 | 3,46 | 8,31 | 51,12 | 87,69 |
| sp | 16,22 | 5,74 | 4,15 | 2,29 | 3,20 | 2,29 | 2,55 | 2,50 | 4,47 | 27,19 | 43,41 |
| spi | 14,84 | 5,78 | 4,58 | 3,39 | 2,29 | 2,87 | 1,87 | 2,06 | 3,00 | 25,84 | 40,68 |
| spx | 22,36 | 9,85 | 5,09 | 4,03 | 4,61 | 7,03 | 8,97 | 4,12 | 3,74 | 47,44 | 69,80 |
| tda | 10,24 | 2,59 | 2,55 | 3,53 | 1,50 | 1,22 | 1,80 | 1,66 | 2,55 | 17,40 | 27,64 |
| tdp | 12,12 | 4,06 | 3,24 | 3,08 | 3,39 | 2,12 | 2,60 | 2,73 | 2,29 | 23,51 | 35,63 |
| tm | 33,75 | 14,63 | 3,20 | 9,18 | 9,18 | 1,16 | 1,22 | 6,16 | 18,27 | 84,42 | 118,17 |
| top | 16,31 | 6,59 | 2,50 | 3,20 | 3,16 | 2,29 | 4,06 | 0,87 | 2,29 | 25,60 | 41,91 |
| za | 33,12 | 9,69 | 9,16 | 5,38 | 6,16 | 7,55 | 4,69 | 4,12 | 10,25 | 57,02 | 90,14 |
| zm | 30,51 | 8,60 | 5,38 | 5,91 | 3,74 | 5,38 | 5,48 | 6,16 | 6,78 | 47,43 | 77,94 |
| vi | 14,00 | 5,00 | 4,00 | 4,00 | 3,00 | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 27,00 | 41,00 |
| ve | 20,00 | 8,00 | 7,00 | 5,00 | 3,00 | 4,00 | 6,00 | 5,00 | 4,00 | 42,00 | 62,00 |
| VII | 15,84 | 5,12 | 5,12 | 7,18 | 1,22 | 1,65 | 2,69 | 3,16 | 3,16 | 29,30 | 45,14 |
| VIII | 11,00 | 4,00 | 3,00 | 3,00 | 1,50 | 1,50 | 3,00 | 2,00 | 1,00 | 19,00 | 30,00 |
| XII(ext) | 8,48 | 3,00 | 2,87 | 2,87 | 3,39 | 1,80 | 2,74 | 2,50 | 2,29 | 21,46 | 29,94 |
| XII(int) | 8,06 | 1,73 | 1,73 | 4,27 | 2,29 | 3,00 | 1,87 | 1,87 | 3,74 | 20,50 | 28,56 |

**INTERVALLES**
(d en mm)
entre les positions successives des points **pairs**

# REPARTITION
# DES VITESSES DES POINTS
# SUR LEUR TRAJET ONTOGÉNIQUE

# VITESSE DE DÉPLACEMENT DES POINTS

De la notion de distance (d) parcourue par un point, sur son trajet ontogénique, découle celle de vitesse moyenne durant une période donnée, puisqu'on en connait la durée. Le calcul se fait comme indiqué p.137 avec le gonion pris comme exemple. Le détail en est fourni par les tableaux qui suivent (en mm/an).

Nous avons alors tenté d'objectiver cette notion de vitesse, au moins pour quelques intervalles (OA, AB, D1D2, EF et GAd) par une iconographie utilisant, à chaque fois, 3 incidences vestibulaires : une projection sagittale du crâne et de la mandibule, avec superposition des éléments supposés vus de l'intérieur et de l'extérieur, une projection vertico-frontale, cranio-mandibulaire, en vue de face, et une projection horizontale, en vue inférieure. Les résultats ressortant des calculs de vitesse durant un intervalle donné sont représentés sur le type moyen du stade le plus âgé de l'intervalle, tel qu'il a été dessiné dans la première partie de cet ouvrage. (par exemple, stade B pour l'intervalle AB).

Le processus adopté a été le suivant : **pour chaque intervalle** la vitesse moyenne du déplacement ontogénique a été calculée pour chacun des 87 points étudiés ; les valeurs extrêmes (min. et max.) de ces 87 vitesses ont été notées. On en a tiré la différence ($\Delta$) entre ces extrêmes, et on l'a divisée en 5 parties égales, fournissant ainsi 5 catégories de vitesses. Elles ont été codées, dans les tableaux, par une lettre (V, J, O, R, B), répondant aux couleurs respectives : vert, jaune, orange, rouge, bleu, en allant des vitesses les plus faibles à celles les plus élevées. Evidemment, les valeurs des vitesses ne sont comparables qu'à l'intérieur d'un **intervalle donné** puisque les différences d'âge et celles des parcours ne sont pas identiques de l'un à l'autre.

D'après les tableaux et l'iconographie, on voit que, par exemple, les plus grandes vitesses (code=bleu) intéressent d'abord les points de la voûte cranienne, laquelle est ensuite prompte à se stabiliser (code=vert), les vitesses maximales s'observant alors à la zone du menton...

Une analyse détaillée, et un complément iconographique (avec par exemple l'étude isolée de la mandibule) seraient riches d'enseignements, à condition de se souvenir que le découpage des échelles de vitesses en 5 catégories est artificiel et fruit d'une convention, et aussi qu'il suffit d'une différence de vitesse d'un dizième de mm/an pour sauter d'une couleur convenue à la suivante, car la précision réelle ne dépasse sûrement pas une première décimale (laquelle a d'ailleurs été arrondie dans nos tableaux). Sur nos figures, les frontières devraient donc être estompées, pour ne mettre en exergue que les tendances essentielles.

Il est un autre élément qui caractérise encore la vitesse, c'est la direction spatiale du vecteur qui la représente ; dans le cas présent, sa meilleure estimation est encore celle du segment unissant les 2 positions extrêmes occupées par un point, sur sa courbe ontogénique, durant l'intervalle d'âge considéré, ce que l'on peut connaître avec l'iconographie de la première partie de l'ouvrage.

intervalle OA

La gradation des vitesses qui ont conduit à la constitution du crâne du fœtus de 5 mois est particulièrement claire et instructive. Les éléments neurocraniens naso-frontaux et pariétaux sont les premiers à prendre une place prédominante, suivis de plusieurs "couronnes" caractérisées par des couleurs (donc des vitesses) de moins en moins significatives : zone rouge pour la partie antérieure du massif facial, pour la symphyse et pour une bande menant jusqu'à l'occipital sus-iniaque. Puis (en orange) existe de façon nette en vue inférieure, une couronne faciale et mandibulaire postérieure rejoignant la région astérique et occipitale sous-iniaque, elle-même entourant une portion (en jaune) qui répond à la zone basilaire et ptérygoïdienne. Enfin, les alentours du basi-occipital et de la région pétreuse (couleur verte) ont été les moins rapides à se développer.

intervalle AB

Les faits sont globalement semblables aux précédents avec pourtant une plus forte différence entre les vitesses fronto-pariétales et celle de la zone dessinée en orange. En effet, le code intermédiaire (rouge) devrait être présent entre les deux autres, mais il n'occupe pas de "couronne" continue (points non décelables ?). Il n'existe que dans les régions nasale et symphysaire. La mandibule est intéressée par 4 séries de vitesses croissantes, d'arrière en avant (ce qui parait être une "loi" générale).

intervalle D1D2

Cette figure parait être la suite logique des précédentes, ce qui nous a dispensé de représenter les intervalles BC et CD1. La voûte du crâne poursuit son développement prédominant vers le haut et l'avant, mais les vitesses diminuent par rapport aux précédentes, comme le montre la réduction de la zone bleue, remplacée en de nombreux endroits par la couleur rouge. Celle-ci est trouvée aussi dans l'occipital postérieur (sans doute à cause de sa rotation ontogénique vers le bas et l'arrière, comme l'ont démontré de précédentes recherches en orientation vestibulaire). La partie antérieure de la face accélère sa croissance, qui se combine à celle de la mandibule. Pour cette dernière, on retrouve la gradation centrifuge des vitesses déjà évoquée. Quant à la vue basale, elle ne s'est que très peu modifiée.

intervalle EF

Ici, l'essentiel est de noter que la voûte cranienne s'est stabilisée complètement, sauf pour l'euryon qui opère, à ce moment, sa phase de descente. Le massif facial antérieur et la région symphysaire présentent les vitesses les plus marquées, avec toujours un découpage en plusieurs tranches décroissantes, en allant vers le condyle mandibulaire. On remarque en outre la poussée de la mastoïde.

intervalle G Ad

Après avoir "sauté" l'intervalle FG, celui menant de G à l'adulte ne révèle plus de phénomènes nouveaux. Tout le neurocrane s'est stabilisé avec cependant un léger allongement de celui-ci vers l'avant et vers l'arrière. La portion postéro-supérieure splanchnocranienne s'est également stabilisée (condyles mandibulaires, apophyses ptérygoïdes, arcades zygomatiques, orbites...). Les changements majeurs continuent à intéresser la symphyse, entourée d'un contour facial et mandibulaire d'abord "rouge", puis "orange", du nasion au gonion. Un autre maximum est détectable sur le bord latéral de l'échancrure narinaire.

**En résumé**, on peut dire que les plus grandes vitesses intéressent d'abord la voûte du crâne, laquelle se stabilise totalement aux stades E et F (de 4 à 8 ans), les vitesses maximales se localisent alors à la face et surtout au menton, et ceci jusqu'à l'adulte (la phase de sénescence n'est pas prise en compte dans ce travail mais a fait l'objet d'autres recherches, cf.biblio).

| | OA | AB | BC | CD1 | D1D2 | D2E | EF | FG | GAd |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 90,7/R | 73,2/O | 55,8/R | 9,2/O | 8,9/B | 4,7/R | 1,9/R | 0,4/V | 0,32/R |
| ant | 109,6/B | 105,4/B | 40,0/O | 14,1/R | 7,7/R | 4,0/O | 1,0/J | 0,3/V | 0,20/O |
| B | 88,5/R | 81,6/R | 35,8/J | 9,0/O | 8,3/B | 5,9/B | 3,0/B | 0,8/O | 0,30/R |
| ba | 14,1/V | 12,1/V | 8,3/V | 2,1/V | 1,2/V | 1,0/V | 0,4/V | 0,4/V | 0,10/J |
| br | 113,0/B | 102,9/B | 51,2/O | 17,3/B | 9,7/B | 2,6/J | 0,2/V | 0,2/V | 0,02/V |
| bri | 113,0/B | 102,9/B | 51,2/O | 17,3/B | 9,7/B | 1,0/V | 0,2/V | 0,2/V | 0,02/V |
| cra | 82,4/R | 80,9/R | 23,5/J | 10,0/O | 4,7/O | 3,2/O | 0,5/V | 0,3/V | 0,12/J |
| crp | 60,3/O | 48,1/J | 11,3/V | 8,6/O | 3,1/J | 1,1/V | 0,9/J | 0,4/V | 0,13/J |
| ei | 65,6/O | 64,5/O | 46,0/O | 10,4/O | 5,4/O | 0,5/V | 0,3/V | 0,3/V | 0,14/J |
| ena | 92,5/R | 67,0/O | 43,1/O | 9,6/O | 7,6/R | 3,9/O | 1,8/O | 0,7/J | 0,32/R |
| gl | 96,2/B | 81,9/R | 16,5/V | 11,4/R | 6,9/R | 4,5/R | 1,1/J | 0,5/J | 0,22/O |
| hoi | 17,0/V | 13,2/V | 6,6/V | 1,6/V | 0,5/V | 0,4/V | 0,4/V | 0,3/V | 0,10/J |
| hoe | 20,7/V | 19,8/V | 8,3/V | 2,6/V | 1,2/V | 1,1/V | 1,1/J | 0,5/J | 0,04/V |
| I | 70,4/O | 67,1/O | 44,8/O | 12,9/R | 5,4/O | 1,5/V | 0,4/V | 0,3/V | 0,17/O |
| id | 87,1/R | 104,7/B | 11,3/V | 10,9/O | 8,6/B | 5,7/B | 2,8/B | 0,7/J | 0,32/R |
| L | 97,3/B | 110,5/B | 52,6/R | 14,3/B | 8,3/B | 1,6/V | 0,5/V | 0,2/V | 0,06/V |
| Li | 97,3/B | 110,5/B | 52,6/R | 11,2/R | 6,0/O | 1,1/V | 0,4/V | 0,3/V | 0,09/J |
| mf | 113,0/B | 101,1/B | 53,7/R | 14,3/B | 9,4/B | 3,6/O | 0,4/V | 0,3/V | 0,03/V |
| na | 87,1/R | 86,6/R | 16,0/V | 11,4/R | 7,1/R | 3,5/O | 1,3/J | 0,6/J | 0,17/O |
| op | 32,5/V | 32,4/V | 24,3/J | 5,9/J | 3,3/J | 1,8/J | 0,5/V | 0,4/V | 0,10/J |
| opc | 84,1/R | 122,6/B | 45,9/O | 14,1/R | 6,6/R | 1,5/V | 0,5/V | 0,4/V | 0,20/O |
| pog | 92,6/R | 90,0/R | 24,3/J | 12,9/R | 8,8/B | 6,7/B | 2,7/B | 1,3/B | 0,41/B |
| post | 77,1/R | 75,0/O | 55,5/R | 14,7/B | 7,3/R | 1,8/J | 0,5/V | 0,4/V | 0,11/J |
| pp | 50,7/J | 41,1/J | 11,3/V | 10,1/O | 2,8/J | 2,5/J | 1,6/O | 0,6/J | 0,14/J |
| pr | 89,4/R | 79,6/R | 28,8/J | 9,2/O | 8,3/B | 4,5/R | 2,4/R | 0,5/J | 0,28/R |
| rh | 95,1/B | 81,7/R | 32,0/J | 8,7/O | 8,3/B | 3,9/R | 1,9/R | 0,5/J | 0,21/O |
| S | 28,9/V | 25,1/V | 8,0/V | 4,5/V | 1,9/V | 1,4/V | 0,7/V | 0,2/V | 0,04/V |
| si | 85,3/R | 81,9/R | 25,3/J | 11,8/R | 10,1/B | 5,5/B | 2,9/B | 1,1/R | 0,41/B |
| vx | 112,7/B | 106,2/B | 64,5/R | 17,2/B | 8,5/B | 3,0/O | 0,2/V | 0,0/V | 0,00/V |
| ac | 110,6/B | 105,8/B | 64,0/R | 17,1/B | 7,7/R | 3,0/O | 0,4/V | 0,0/V | 0,00/V |
| pv | 95,0/B | 91,2/R | 17,6/V | 10,0/O | 6,9/R | 5,0/R | 0,9/J | 0,7/O | 0,15/J |
| rv | 36,1/J | 23,5/V | 20,6/V | 15,0/B | 7,7/R | 1,5/V | 0,4/V | 0,4/V | 0,11/J |

**VITESSES DE DÉPLACEMENT DES POINTS**

**DANS L'ESPACE**

(v en mm/an)

entre les positions successives des points **impairs**

| | OA | AB | BC | CD1 | D1D2 | D2E | EF | FG | GAd |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ae | 47,2/J | 43,8/J | 12,0/V | 7,2/J | 3,5/J | 1,9/J | 1,8/O | 1,1/R | 0,05/V |
| ai | 48,3/J | 41,4/J | 19,6/V | 7,3/J | 4,9/O | 2,1/J | 1,4/O | 0,7/O | 0,14/J |
| ast | 58,9/O | 52,8/O | 47,0/O | 9,6/O | 4,7/O | 2,2/J | 1,0/J | 0,4/V | 0,11/J |
| asti | 58,9/O | 58,2/O | 22,0/J | 12,9/R | 3,9/J | 2,8/J | 1,2/J | 0,5/J | 0,08/V |
| car | 27,3/V | 24,4/V | 16,6/V | 5,9/J | 1,8/V | 0,7/V | 0,5/V | 0,4/V | 0,10/J |
| ce | 53,1/J | 47,4/J | 47,1/O | 4,3/V | 2,4/V | 1,4/V | 1,4/O | 0,5/J | 0,14/J |
| ci | 39,9/J | 39,6/J | 31,3/J | 5,3/J | 1,2/V | 1,1/V | 0,8/V | 0,3/V | 0,09/V |
| cm | 43,1/J | 39,1/J | 36,3/J | 5,7/J | 3,1/J | 1,1/V | 0,9/J | 0,7/J | 0,11/J |
| coe | 28,4/V | 14,4/V | 13,8/V | 5,2/J | 3,8/J | 1,8/J | 0,8/J | 0,7/J | 0,09/V |
| coi | 20,8/V | 16,6/V | 14,4/V | 4,6/V | 1,8/V | 1,4/V | 1,4/O | 0,4/J | 0,12/J |
| cor | 60,9/O | 54,6/J | 35,4/J | 4,1/V | 2,5/V | 2,3/J | 1,1/J | 1,0/O | 0,15/J |
| cpp | 59,9/O | 42,2/J | 12,0/V | 8,8/O | 4,6/O | 2,7/J | 1,4/O | 0,4/V | 0,18/O |
| eu | 101,4/B | 69,5/O | 22,6/J | 16,3/B | 7,1/R | 2,3/J | 1,7/O | 1,0/O | 0,21/O |
| fsh | 45,8/J | 25,3/V | 17,9/V | 6,1/J | 4,2/J | 0,8/V | 0,4/V | 0,3/V | 0,04/V |
| fzp | 59,9/O | 44,6/J | 22,0/J | 4,6/V | 2,6/J | 2,1/J | 1,6/O | 0,4/V | 0,10/J |
| go | 56,1/O | 51,6/J | 33,3/J | 9,3/O | 4,7/O | 4,4/R | 2,2/R | 1,4/B | 0,21/O |
| gr | 35,4/J | 32,2/V | 28,8/J | 5,2/J | 2,5/J | 2,4/J | 0,7/V | 0,3/V | 0,06/V |
| J | 33,1/V | 30,9/V | 23,2/J | 8,6/O | 3,1/J | 2,2/J | 0,7/V | 0,5/J | 0,06/V |
| mac | 57,9/O | 57,3/O | 25,6/J | 8,8/O | 4,7/O | 3,4/O | 1,9/R | 0,7/J | 0,26/O |
| mas | 47,2/J | 27,0/V | 24,3/J | 10,3/O | 4,8/O | 2,2/J | 2,0/R | 1,5/B | 0,20/O |
| me | 42,8/J | 29,7/V | 29,5/J | 2,9/V | 2,3/V | 1,5/V | 1,1/J | 0,4/V | 0,04/V |
| mi | 86,9/R | 82,6/R | 33,8/J | 6,2/J | 6,1/O | 5,4/B | 2,3/R | 0,9/O | 0,22/O |
| mmi | 75,5/O | 53,8/J | 39,6/O | 8,8/O | 5,4/O | 2,1/J | 1,2/J | 1,1/R | 0,22/O |
| nae | 87,6/R | 69,0/O | 33,9/J | 9,3/O | 7,3/R | 3,2/O | 1,7/O | 0,6/J | 0,36/B |
| nm | 91,4/R | 77,4/O | 55,4/R | 9,6/O | 7,1/R | 3,4/O | 2,1/R | 0,4/V | 0,32/R |
| os | 85,3/R | 74,5/O | 44,7/O | 9,0/O | 7,9/R | 2,3/J | 1,0/J | 0,9/O | 0,17/O |
| oex | 87,4/R | 53,8/J | 36,0/J | 11,5/R | 7,7/R | 3,6/O | 1,1/J | 0,9/O | 0,11/J |
| oif | 77,6/R | 69,5/O | 33,0/J | 10,8/O | 7,1/R | 1,9/J | 1,5/O | 0,8/O | 0,19/O |
| oit | 83,0/R | 72,6/O | 33,2/J | 8,7/O | 6,4/R | 2,2/J | 1,2/J | 0,8/O | 0,14/J |
| om | 79,7/R | 69,0/O | 36,0/J | 9,1/O | 7,3/R | 2,2/J | 1,1/J | 0,9/O | 0,16/J |
| ov | 32,2/V | 31,7/J | 28,8/J | 4,7/V | 1,4/V | 1,4/V | 0,4/V | 0,3/V | 0,06/V |
| pai | 64,9/O | 64,4/O | 33,0/J | 9,5/O | 5,1/O | 4,6/R | 1,6/O | 1,1/R | 0,26/R |
| per | 34,8/J | 30,7/J | 25,8/J | 3,9/V | 1,8/V | 1,2/V | 0,5/V | 0,4/V | 0,07/V |
| pie | 64,6/O | 54,6/O | 30,6/J | 6,7/J | 5,6/O | 2,3/J | 0,7/V | 0,5/J | 0,11/J |
| pii | 61,5/O | 43,2/J | 41,4/O | 5,9/J | 5,5/O | 2,1/J | 0,9/J | 0,6/J | 0,03/V |
| po | 41,4/J | 38,2/J | 35,3/J | 7,1/J | 3,2/J | 1,5/V | 1,3/O | 0,7/O | 0,11/J |
| pt | 81,1/R | 52,5/O | 25,6/J | 11,7/R | 6,0/O | 2,6/J | 1,2/J | 0,3/V | 0,07/V |
| pti | 80,9/R | 60,0/O | 22,0/J | 9,2/O | 4,9/O | 2,6/J | 1,0/J | 0,5/J | 0,05/V |
| py | 55,8/O | 41,4/J | 33,0/J | 6,7/J | 4,0/J | 3,3/O | 1,8/O | 0,6/J | 0,23/O |
| so | 78,3/R | 61,2/O | 43,8/O | 7,8/J | 5,2/O | 2,5/J | 1,8/O | 0,6/J | 0,16/J |
| sp | 39,0/J | 33,8/J | 24,4/J | 3,3/V | 2,5/V | 1,1/V | 0,6/V | 0,5/J | 0,08/V |
| spi | 35,7/J | 34,1/J | 27,0/J | 4,8/J | 1,8/V | 1,4/V | 0,4/V | 0,3/V | 0,06/V |
| spx | 53,8/O | 47,4/J | 30,0/J | 5,8/J | 3,5/J | 3,5/O | 2,0/R | 0,8/O | 0,07/V |
| tda | 24,6/V | 15,3/V | 14,9/V | 5,1/J | 1,2/V | 0,6/V | 0,4/V | 0,3/V | 0,05/V |
| tdp | 29,1/V | 23,9/V | 19,1/V | 4,4/V | 2,6/J | 1,1/V | 0,6/V | 0,5/J | 0,04/V |
| tm | 81,1/R | 70,4/R | 25,6/J | 13,1/R | 7,1/R | 5,8/B | 2,7/B | 1,1/R | 0,35/B |
| top | 39,2/J | 38,8/J | 20,6/V | 4,6/V | 2,4/V | 1,2/V | 0,9/J | 0,2/V | 0,05/V |
| za | 79,6/R | 56,4/O | 53,4/R | 7,7/J | 4,7/O | 3,8/O | 1,0/J | 0,8/O | 0,20/O |
| zm | 73,4/O | 50,6/O | 31,7/J | 8,5/O | 2,9/J | 2,7/J | 1,2/J | 1,1/R | 0,13/J |
| vi | 33,3/V | 29,4/J | 23,0/J | 5,7/J | 2,3/V | 1,0/V | 0,7/V | 0,5/J | 0,06/V |
| ve | 48,1/J | 47,1/J | 41,2/O | 7,1/J | 2,3/V | 2,0/J | 1,3/O | 0,9/O | 0,08/V |
| VII | 38,1/J | 30,1/J | 30,1/J | 10,3/O | 0,9/V | 0,8/V | 0,6/V | 0,6/J | 0,06/V |
| VIII | 26,4/V | 23,5/V | 17,7/V | 4,3/V | 1,2/V | 0,8/V | 0,7/V | 0,4/V | 0,02/V |
| XII(ext) | 20,4/V | 17,7/V | 16,9/V | 4,1/V | 2,6/J | 0,9/V | 0,6/V | 0,5/J | 0,04/V |
| XII(int) | 19,4/V | 10,2/V | 10,2/V | 6,1/J | 1,8/V | 1,5/V | 0,4/V | 0,3/V | 0,07/V |

**VITESSE DE DÉPLACEMENT DES POINTS**

**DANS L'ESPACE**

(v en mm/an)

entre les positions successives des points **pairs**

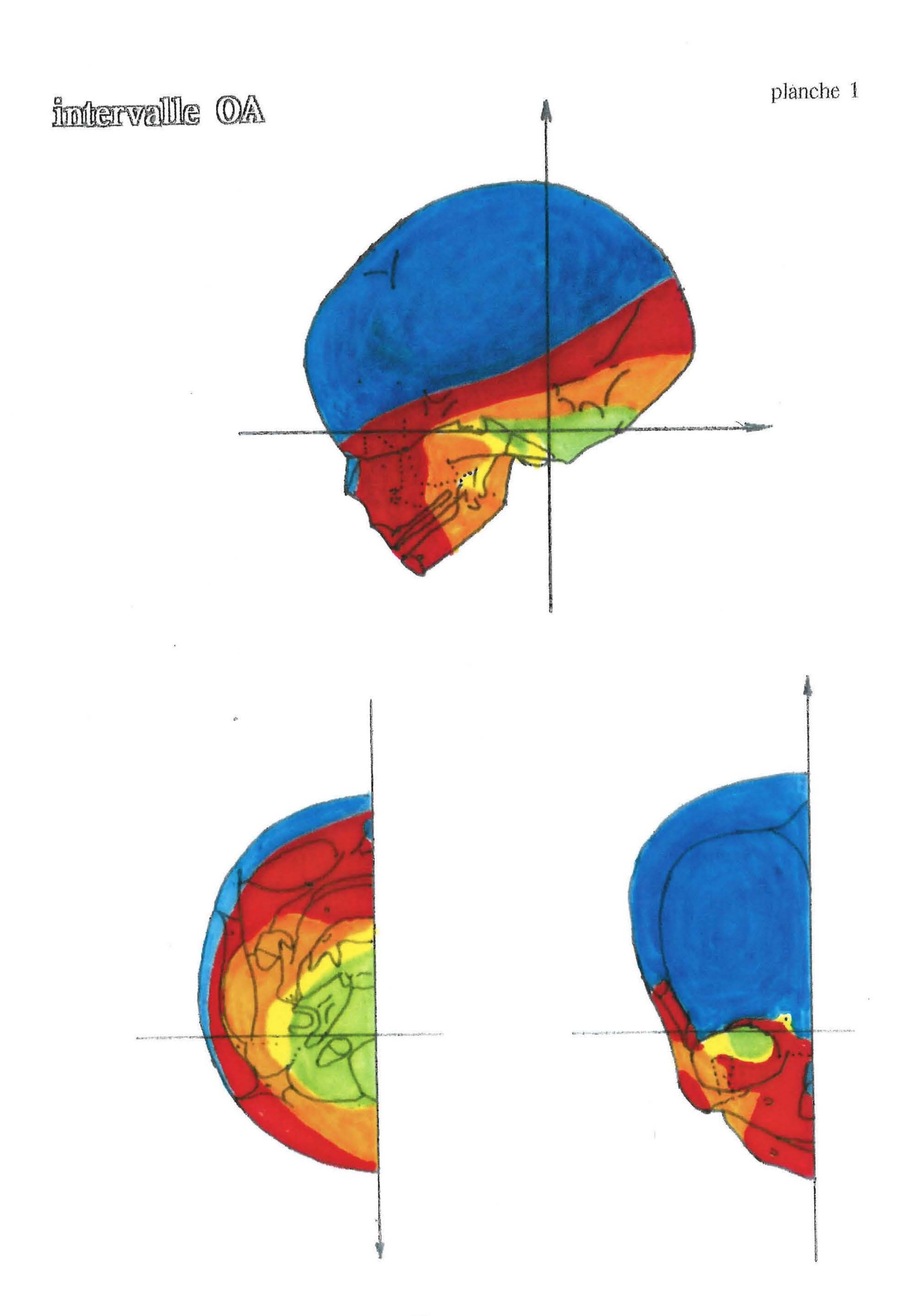
| | min. | V / J | J / O | O / R | R / B | max. | Δ | Δ/5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| OA | 14,07 | 33,86 | 53,64 | 73,43 | 93,21 | 113,00 | 98,93 | 19,79 |
| AB | 12,1 | 34,2 | 56,3 | 78,4 | 100,5 | 122,6 | 110,5 | 22,1 |
| BC | 6,57 | 21,89 | 37,22 | 52,54 | 67,87 | 83,19 | 76,62 | 15,32 |
| CD1 | 1,59 | 4,74 | 7,89 | 11,05 | 14,21 | 17,36 | 15,77 | 3,15 |
| D1D2 | 0,54 | 2,46 | 4,37 | 6,29 | 8,20 | 10,12 | 9,58 | 1,92 |
| D2E | 0,36 | 1,62 | 2,88 | 4,15 | 5,40 | 6,67 | 6,31 | 1,26 |
| EF | 0,22 | 0,77 | 1,32 | 1,86 | 2,41 | 2,96 | 2,74 | 0,55 |
| FG | 0,16 | 0,44 | 0,71 | 0,99 | 1,26 | 1,54 | 1,38 | 0,28 |
| GAd | 0,00 | 0,08 | 0,16 | 0,25 | 0,33 | 0,41 | 0,41 | 0,08 |

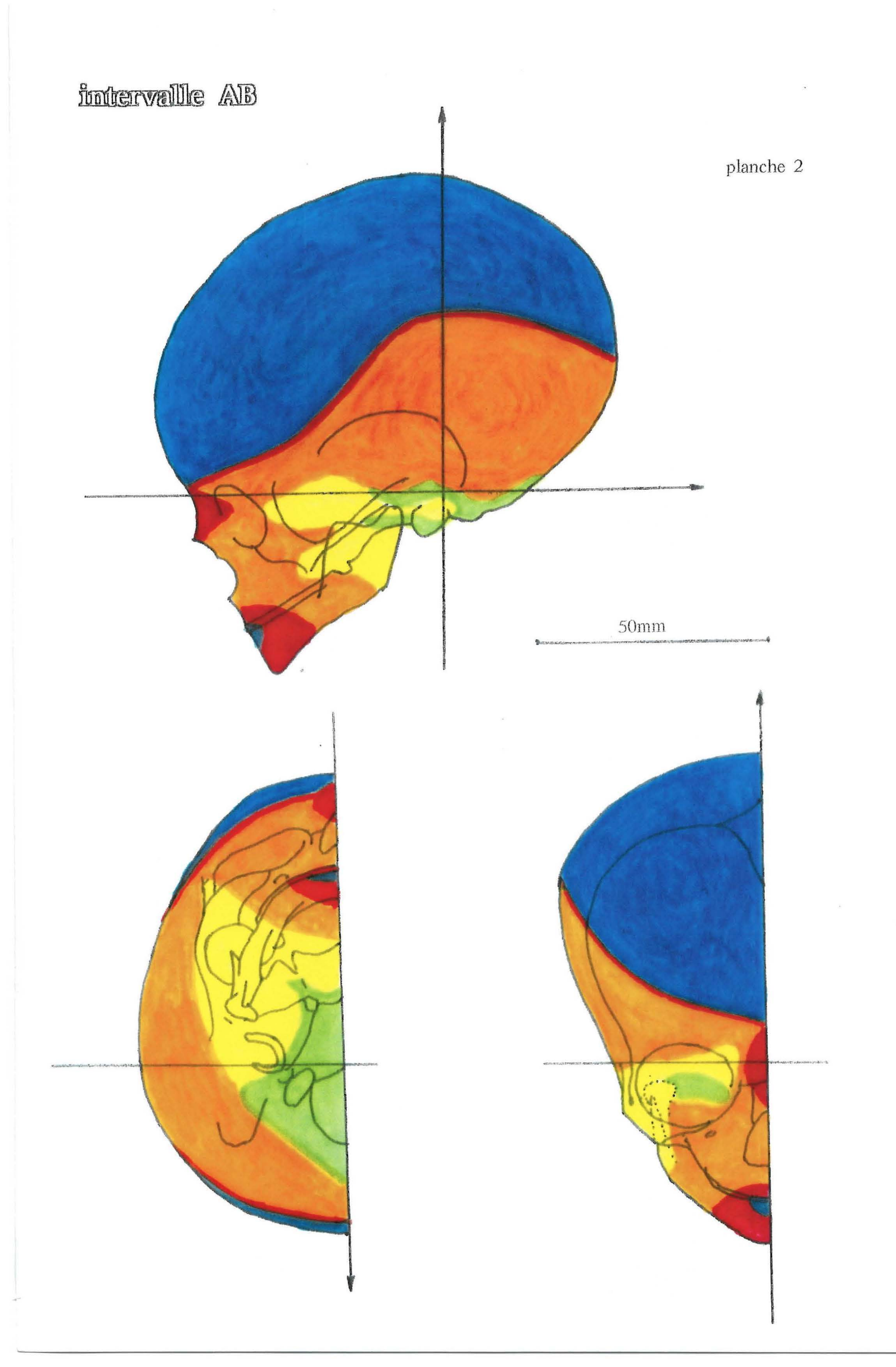
Categories (colour bands between min. and max.): V | J | O | R | B

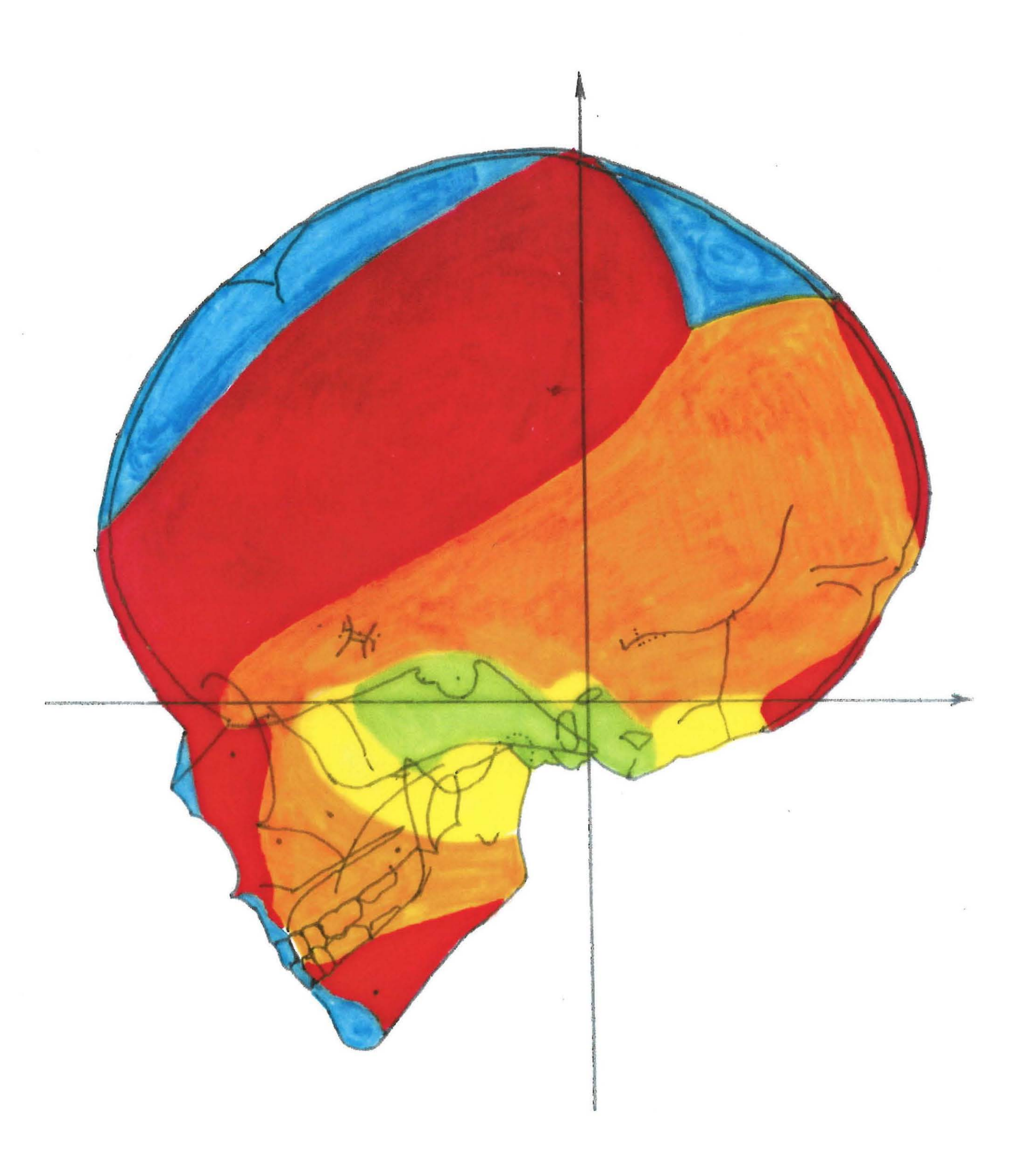
objectivation des 5 catégories de vitesses
pour chaque tranche d'âge

# intervalle OA





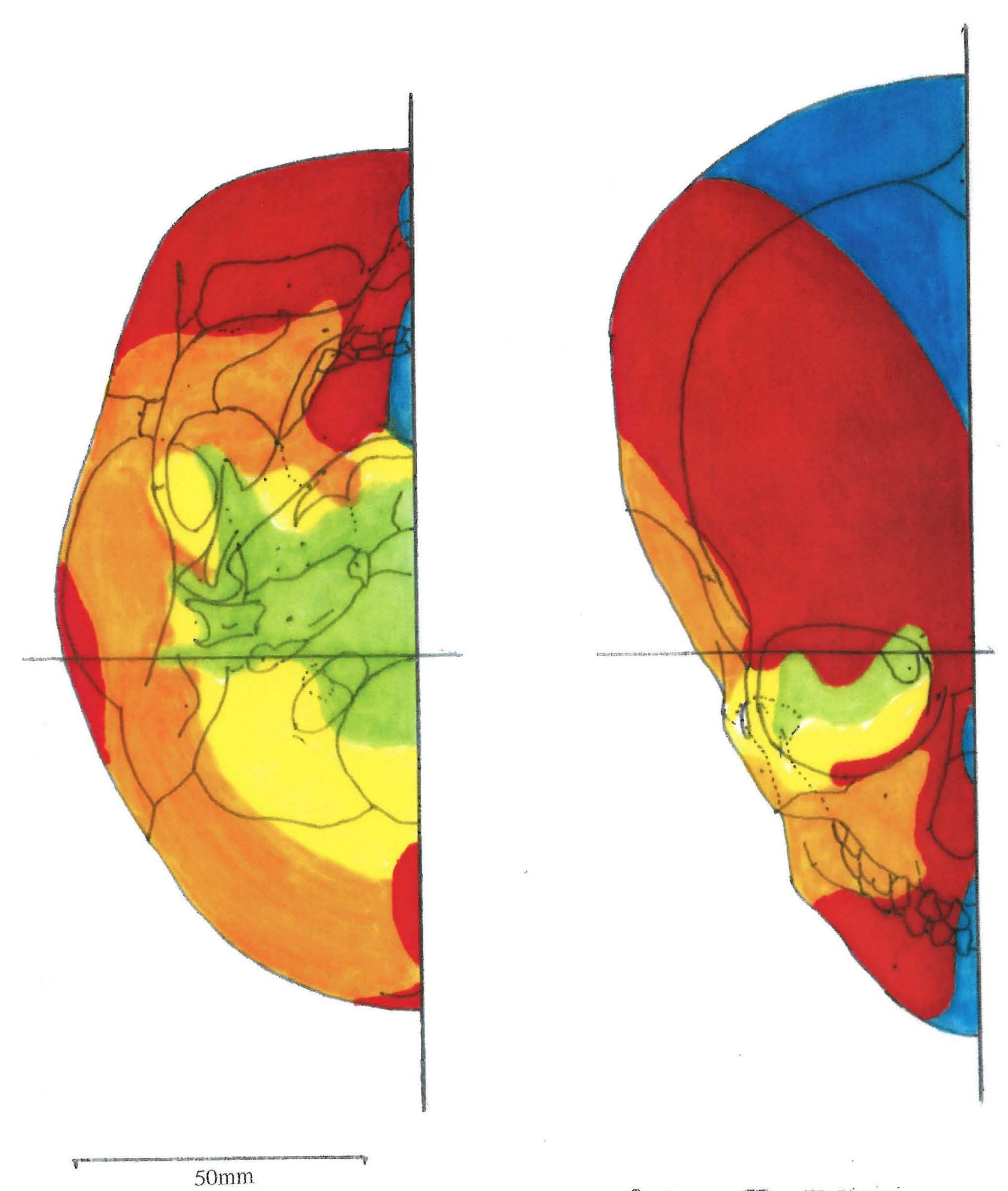

intervalle AB
planche 2
50mm



intervalle D1D2

50mm

planche 4




intervalle D1D2

intervalle EF



50mm

## intervalle EF

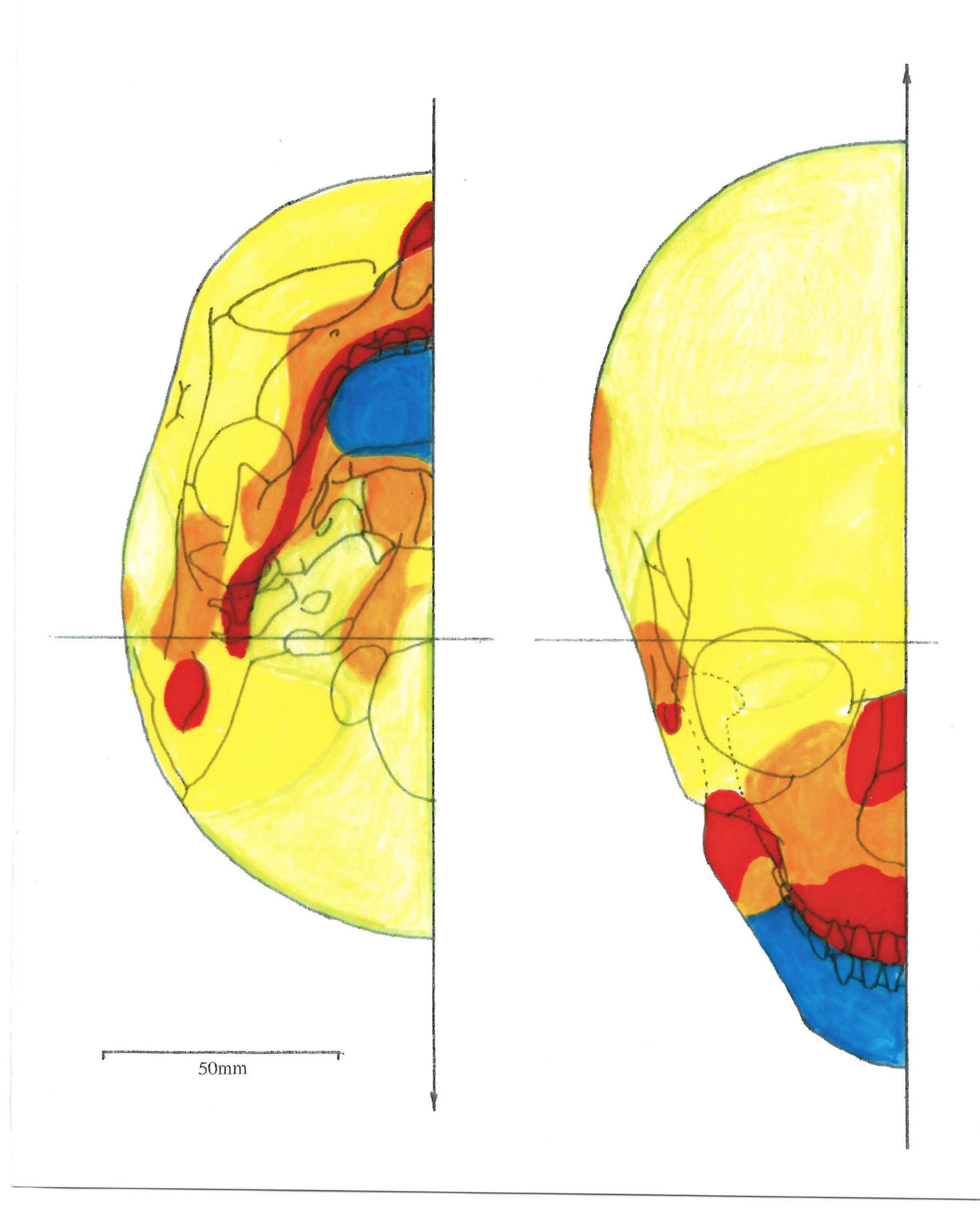


planche 7

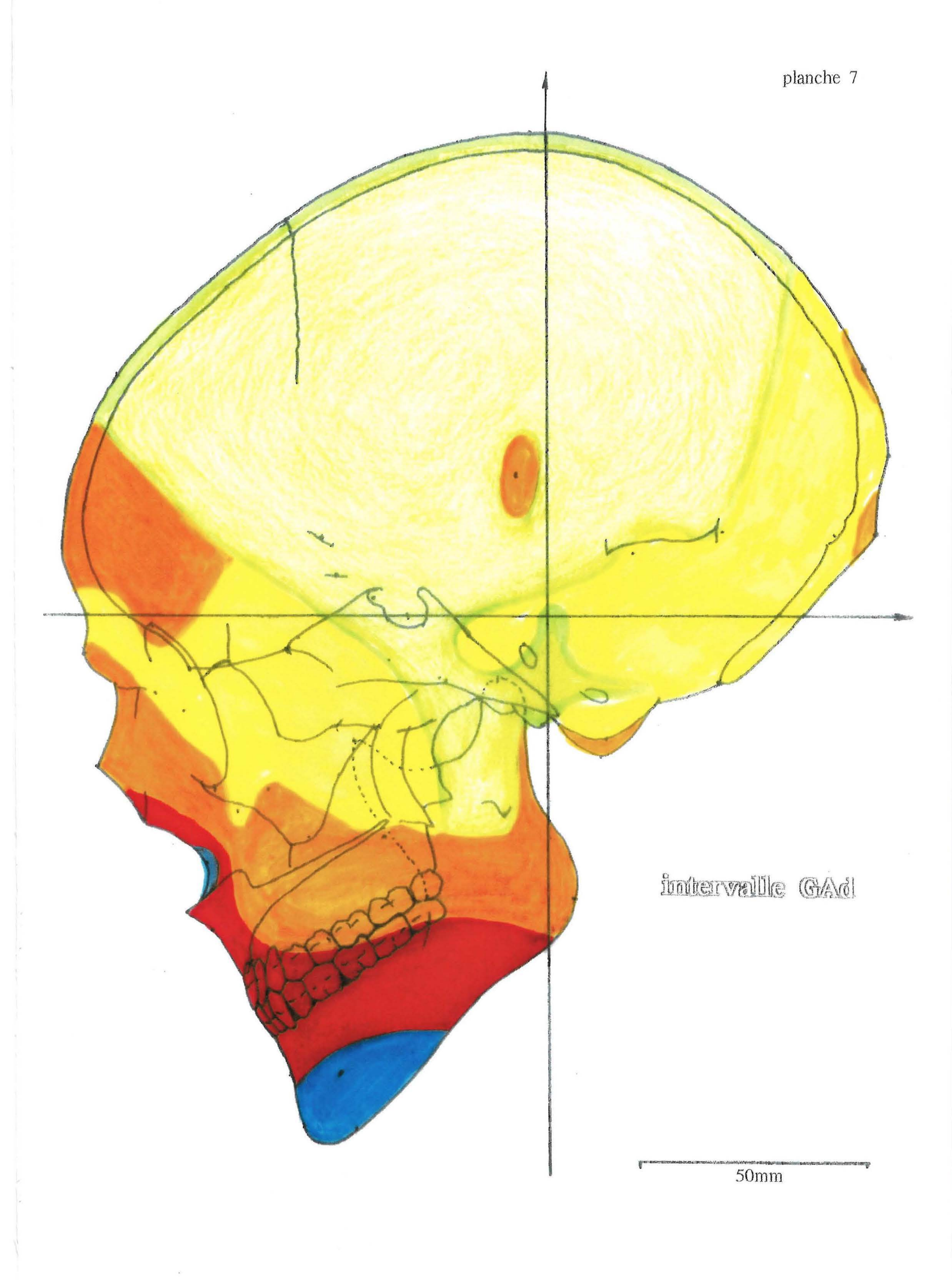


planche 8

intervalle GAd

50mm

# RÉGION
# BUCCO-DENTAIRE

# LES DENTS

Utilisant les mêmes procédés que pour les autres éléments du squelette céphalique, les dents ont été l'objet de recherches sur leur positionnement dans les axes vestibulaires d'orientation. Chacune - lactéale, permanente, maxillaire, mandibulaire - a été représentée par un point, centre volumétrique de sa couronne, qu'elle soit entièrement développée ou à l'état de germe.

La considération des craniogrammes et mandibulogrammes, déjà figurés antérieurement, est utile pour se rendre compte du moment et du degré de leur éruption.

Les mêmes stades ontogéniques (de A à Ad) ont été retenus, auxquels a été ajouté celui nommé F1, compris entre F et G, répondant à un âge approximatif de 10 ans.

Les 3 coordonnées moyennes (x,y,z) de chaque point dentaire peuvent être lues dans les 2 tableaux qui suivent et où les x et les y doivent être considérés comme négatifs, compte tenu des conventions d'orientation des axes de référence.

Les vues latérales de la position des dents et des germes de chaque stade sont ensuite apportées, en grandeur naturelle, en projection sagittale. On y a ajouté, pour le seul stade F1, les projections des dents sur les deux autres plans, en situant d'abord les seuls "points dentaires". Une ligne brisée qui les joint évoque la disposition générale des 2 arcades de dents permanentes, en F1; les dents lactéales encore en place sont représentées par un petit cercle. (ce mode de figuration pourrait évidemment être étendu aux autres tranches d'âge).

Puis (en sautant F1), les trajets ontogéniques des dents ont été tracés dans chacun des 3 plans de projection, trajets qu'il est intéressant de comparer, d'une part entre maxillaire et mandibule, et d'autre part avec ceux des points squelettiques faciaux et mandibulaires, déjà proposés.

Les valeurs des coordonnées permettent encore le calcul (en mm.) de la distance spatiale parcourue par chaque dent, entre 2 stades donnés, successifs ou non, et de la distance totale (Σd) comprise entre les positions moyennes des stades extrêmes ( depuis l'apparition d'un germe suffisamment décelable, jusqu'à la chute des lactéales ou sa position adulte, supposée réalisée *in toto*). cf. tableau joint.

Bien entendu, les vitesses moyennes de déplacement sont également calculables. Par exemple, pour la canine mandibulaire permanente, entre les stades D2 (∽ 2ans) et F (∽ 8ans½) , donc sur 6ans½, la vitesse sera :

(11,3 + 10,7) / 6,5 = 3,3 mm.par an, la distance parcourue étant de 22 mm.

y

x

STADE A

y

x

STADE B

y

x

STADE C

projection
sagittale

y

50mm

x

STADE D1

y

x

50mm

STADE D2

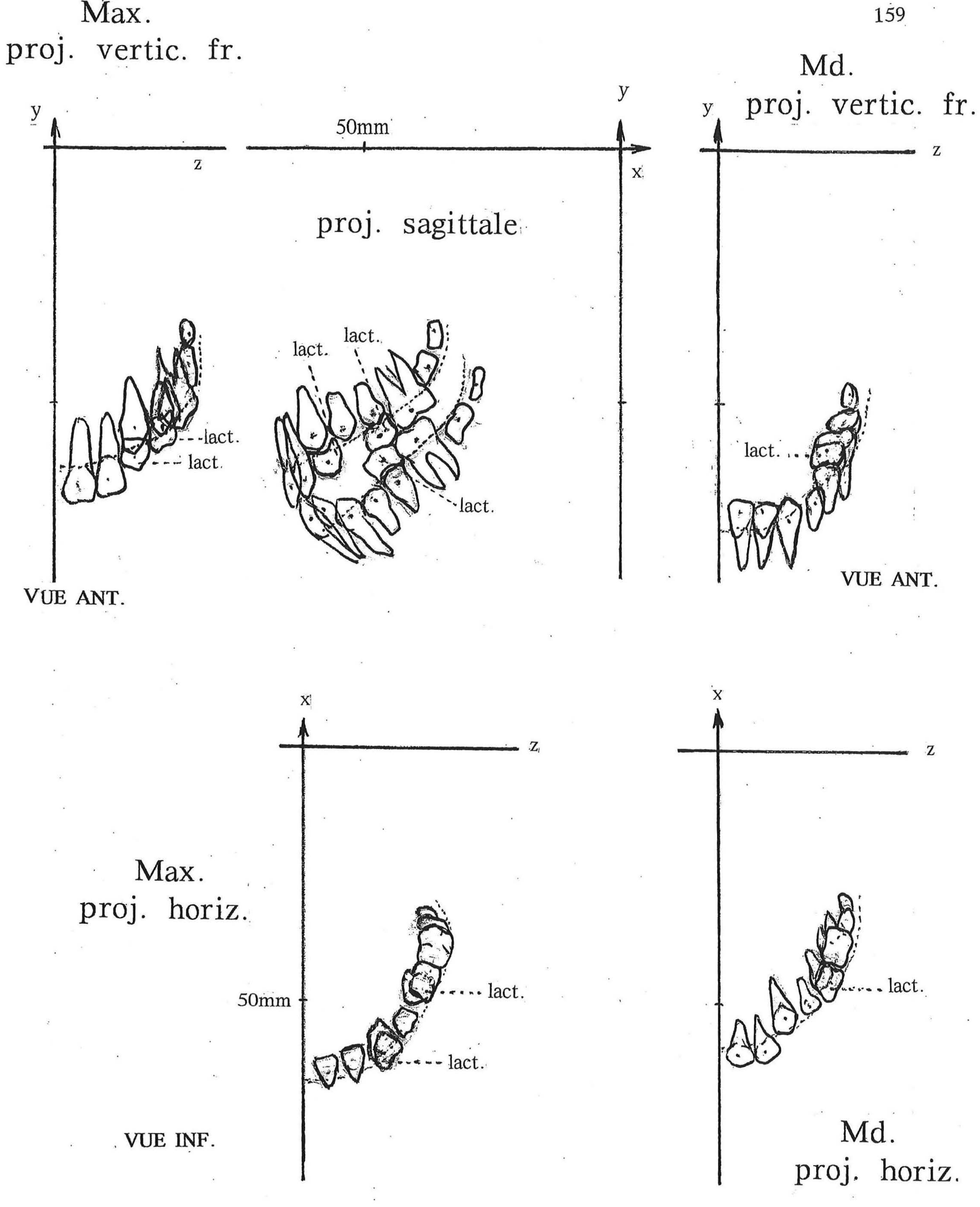
projection sagittale

y
x
STADE E

y
x
STADE F

y
x
50mm
STADE G

y
x
50mm
STADE Ad.




STADE INTERMÉDIAIRE : F1

SITUATION DES POINTS DENTAIRES

| | | lactéales | | | | | permanentes | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | i1 | i2 | can | M1 | M2 | i1 | i2 | can | pm1 | pm2 | M1 | M2 | M3 |
| A | x | 29 | 28 | 26 | 23 | | | | | | | | | |
| | y | 20 | 19,5 | 18 | 17,5 | | | | | | | | | |
| | z | 1,5 | 4 | 6,5 | 9 | | | | | | | | | |
| B | x | 43 | 42 | 39 | 35 | 28 | | | | | | | | |
| | y | 25 | 23,5 | 23 | 21 | 18,5 | | | | | | | | |
| | z | 2,5 | 6 | 8 | 13 | 14 | | | | | | | | |
| C | x | 46,5 | 45 | 42 | 36 | 30 | | | | | | 26 | | |
| | y | 28,5 | 28 | 26 | 23 | 20 | | | | | | 17 | | |
| | z | 2,5 | 7 | 10 | 13,5 | 15 | | | | | | 15 | | |
| D1 | x | 50 | 48 | 47 | 42 | 35,5 | 51 | 49 | 47 | | | 31 | | |
| | y | 36 | 35 | 30 | 30 | 25 | 28 | 26 | 24 | | | 19 | | |
| | z | 2,5 | 7,5 | 11 | 15 | 17,5 | 3 | 7 | 9 | | | 17 | | |
| D2 | x | 55 | 53 | 50 | 44 | 38 | 57 | 55 | 52 | 46 | 40 | 35 | 36 | |
| | y | 46 | 45 | 43 | 39 | 33 | 37 | 36 | 33 | 34 | 30 | 26 | 23 | |
| | z | 3 | 8 | 12 | 16 | 19 | 4 | 9 | 10 | 15 | 18 | 20 | 20 | |
| E | x | 60 | 58 | 54 | 49,5 | 42 | 62 | 61 | 59,5 | 53 | 45,5 | 38 | 36,5 | |
| | y | 55 | 54 | 51 | 48 | 43 | 46 | 45 | 38 | 40 | 37 | 33 | 26 | |
| | z | 3 | 8 | 13 | 18 | 20,5 | 4 | 9 | 13 | 16 | 20 | 22 | 22 | |
| F | x | | | 57 | 52 | 45 | 63 | 62 | 61,5 | 54 | 48,5 | 40 | 37 | 38 |
| | y | | | 60 | 57 | 53 | 65 | 64 | 48 | 49 | 45 | 47 | 37 | 31 |
| | z | | | 15 | 19 | 22 | 4 | 10 | 14 | 18 | 20,5 | 23,5 | 23 | 23 |
| (F1) | x | | | 57 | | 47 | 64,5 | 62,5 | 61 | 54,5 | 48,5 | 41,5 | 36,5 | 36,5 |
| | y | | | 62 | | 56 | 66,5 | 65 | 56 | 55 | 51,5 | 51 | 43 | 35,5 |
| | z | | | 15 | | 22 | 4 | 10 | 15 | 19 | 21 | 24 | 24 | 23,5 |
| G | x | | | | | | 65,5 | 63 | 60,5 | 55 | 49 | 43 | 36 | 35 |
| | y | | | | | | 68 | 66,5 | 64 | 61 | 58 | 54,5 | 49 | 40 |
| | z | | | | | | 4 | 10 | 16 | 20,5 | 22 | 24 | 25 | 24 |
| Ad | x | | | | | | 67 | 64 | 61 | 57 | 51 | 44 | 36 | 29 |
| | y | | | | | | 81 | 79 | 78 | 75 | 73 | 69 | 63 | 58 |
| | z | | | | | | 4 | 10 | 16 | 21 | 23 | 25 | 25,5 | 27 |

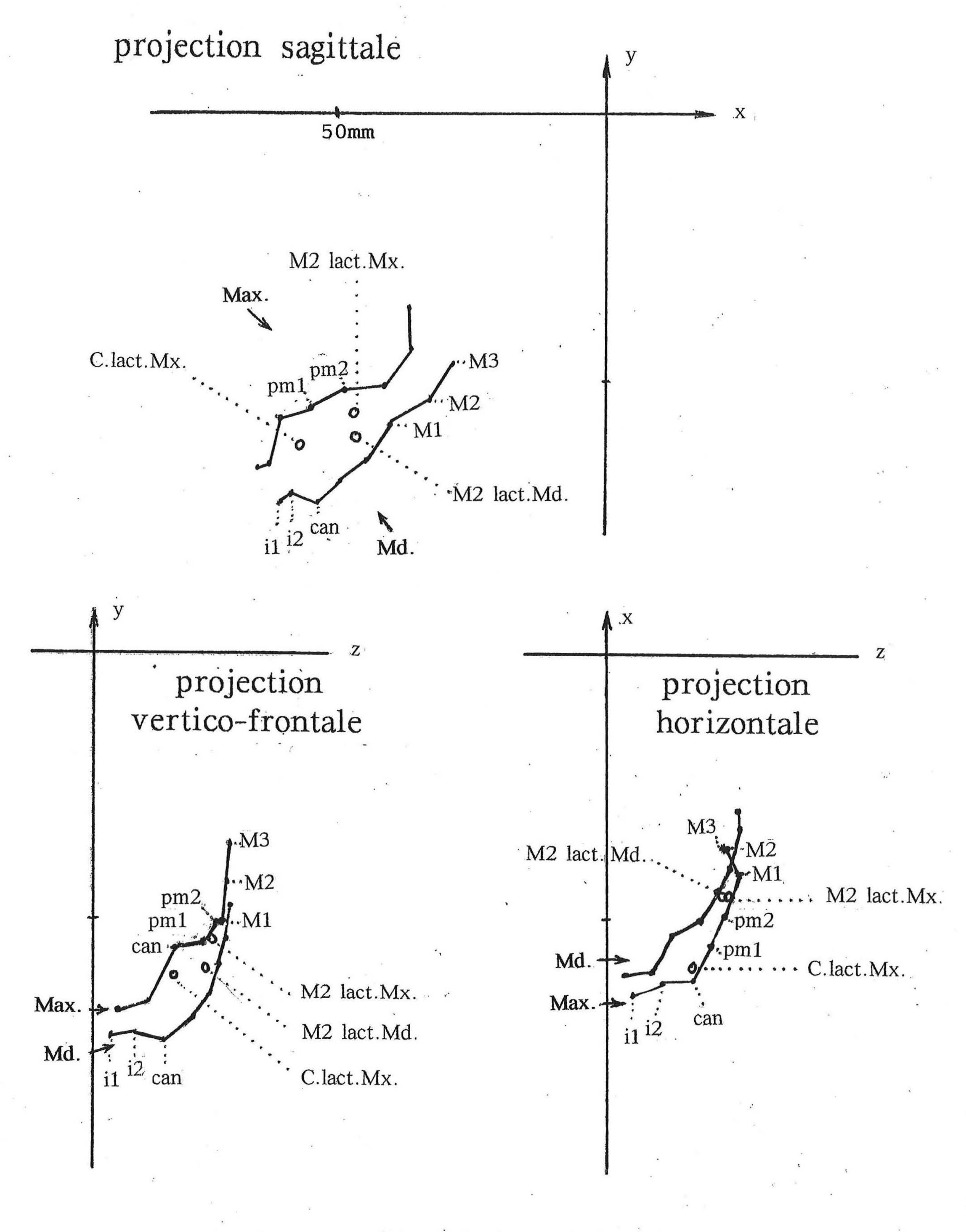
( N.B. toutes les coordonnées x et y doivent être affectées du signe – )

coordonnées des dents maxillaires

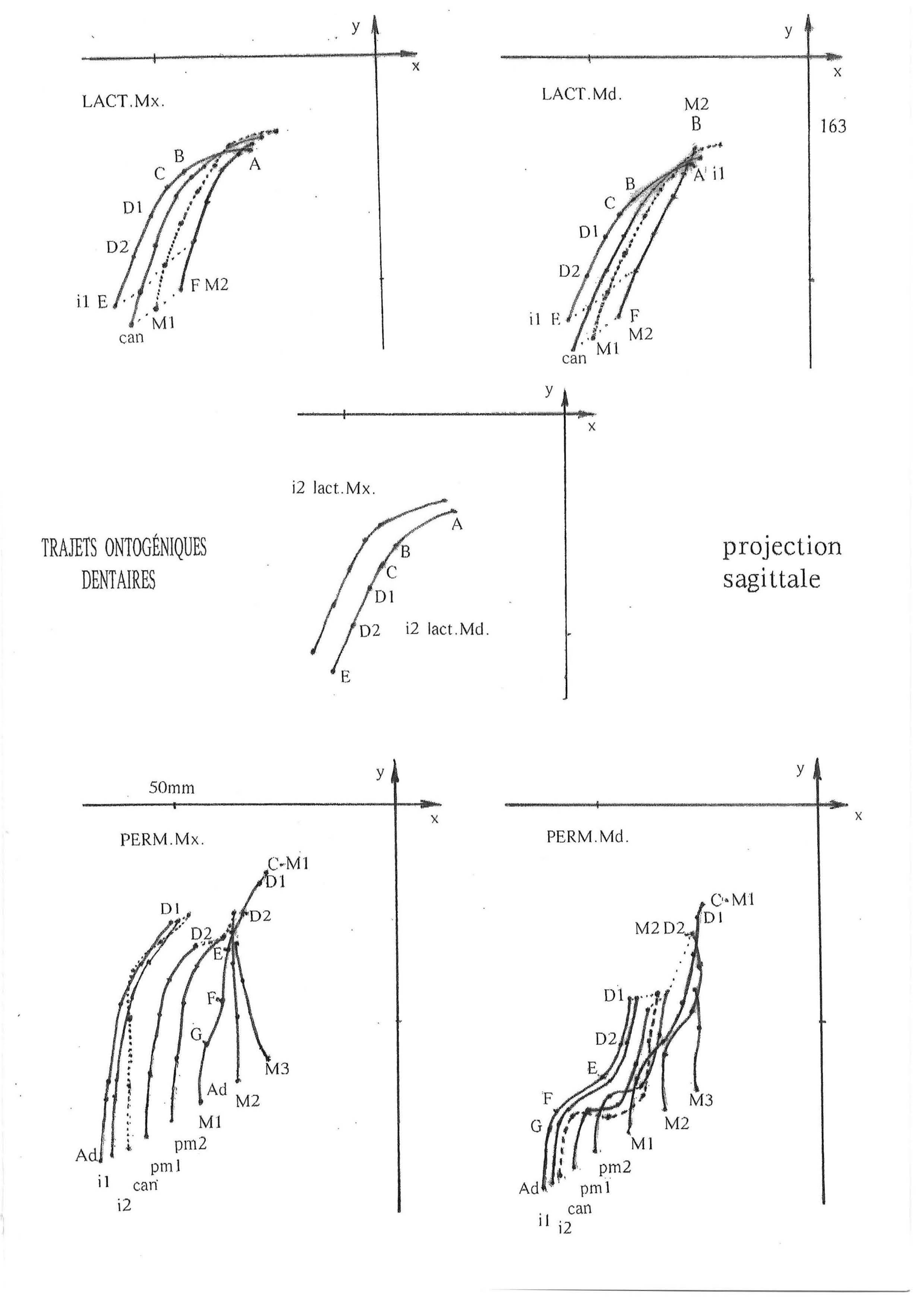
| | | lactéales | | | | | permanentes | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | i1 | i2 | can | M1 | M2 | i1 | i2 | can | pm1 | pm2 | M1 | M2 | M3 |
| A | x | 26,5 | 25 | 23 | 21 | | | | | | | | | |
| | y | 24 | 23 | 22 | 19,5 | | | | | | | | | |
| | z | 1,5 | 4 | 6,5 | 9 | | | | | | | | | |
| B | x | 40 | 39 | 36 | 32 | 26 | | | | | | | | |
| | y | 31 | 30,5 | 29 | 27 | 22 | | | | | | | | |
| | z | 2,5 | 6 | 8 | 12 | 13 | | | | | | | | |
| C | x | 43 | 41,5 | 39 | 35 | 28 | | | | | | 25,5 | | |
| | y | 35 | 34,5 | 33 | 30 | 26 | | | | | | 22 | | |
| | z | 3 | 6 | 9,5 | 13 | 15 | | | | | | 20 | | |
| D1 | x | 47 | 46 | 41 | 37 | 31 | 43 | 41,5 | 38 | | | 28 | | |
| | y | 40 | 39 | 41 | 36 | 32 | 44 | 43,5 | 44,5 | | | 26 | | |
| | z | 3 | 6 | 10 | 14,5 | 17,5 | 3 | 7 | 8 | | | 21 | | |
| D2 | x | 51,5 | 49 | 47 | 42 | 36 | 45 | 43 | 39,5 | 40 | 34 | 29 | 28 | |
| | y | 50 | 49 | 47 | 44 | 40 | 55 | 54 | 56 | 49 | 43 | 34 | 29 | |
| | z | 3 | 6,5 | 11 | 16 | 19 | 3 | 7,5 | 10 | 15 | 19 | 21 | 20 | |
| E | x | 56,5 | 54 | 52 | 47 | 40 | 48 | 46 | 42 | 42,5 | 36,5 | 31 | 27,5 | |
| | y | 61 | 59 | 57 | 54 | 49 | 66 | 65,5 | 67 | 60 | 53 | 45 | 37 | |
| | z | 3 | 7 | 12 | 17 | 20,5 | 3 | 8 | 11 | 16 | 20 | 22 | 21 | |
| F | x | | | 55 | 50 | 44 | 59 | 57 | 49 | 46 | 41 | 37 | 29 | 29 |
| | y | | | 67 | 64 | 59 | 71 | 70 | 75 | 69 | 64 | 54,5 | 49 | 42 |
| | z | | | 12 | 18 | 22 | 3 | 8 | 12 | 17 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| (F1) | x | | | | | 46 | 60,5 | 58,5 | 53,5 | 50 | 45 | 40 | 32,5 | 28,5 |
| | y | | | | | 60 | 72,5 | 71,5 | 73 | 69 | 64,5 | 58,5 | 53 | 47 |
| | z | | | | | 22 | 3 | 8 | 12,5 | 17,5 | 21 | 22,5 | 23,5 | 24,5 |
| G | x | | | | | | 62 | 60,5 | 58 | 54 | 49 | 43 | 36 | 28 |
| | y | | | | | | 74 | 73 | 71 | 69 | 65 | 62 | 57 | 52 |
| | z | | | | | | 3 | 8 | 13 | 18 | 21 | 23 | 24 | 25 |
| Ad | x | | | | | | 64 | 63 | 61 | 57 | 52 | 44 | 36 | 29 |
| | y | | | | | | 87 | 86 | 85 | 83 | 79 | 75 | 70 | 65 |
| | z | | | | | | 3 | 8 | 14 | 18 | 21 | 23,5 | 25 | 27 |

( N.B. toutes les coordonnées x et y doivent être affectées du signe – )

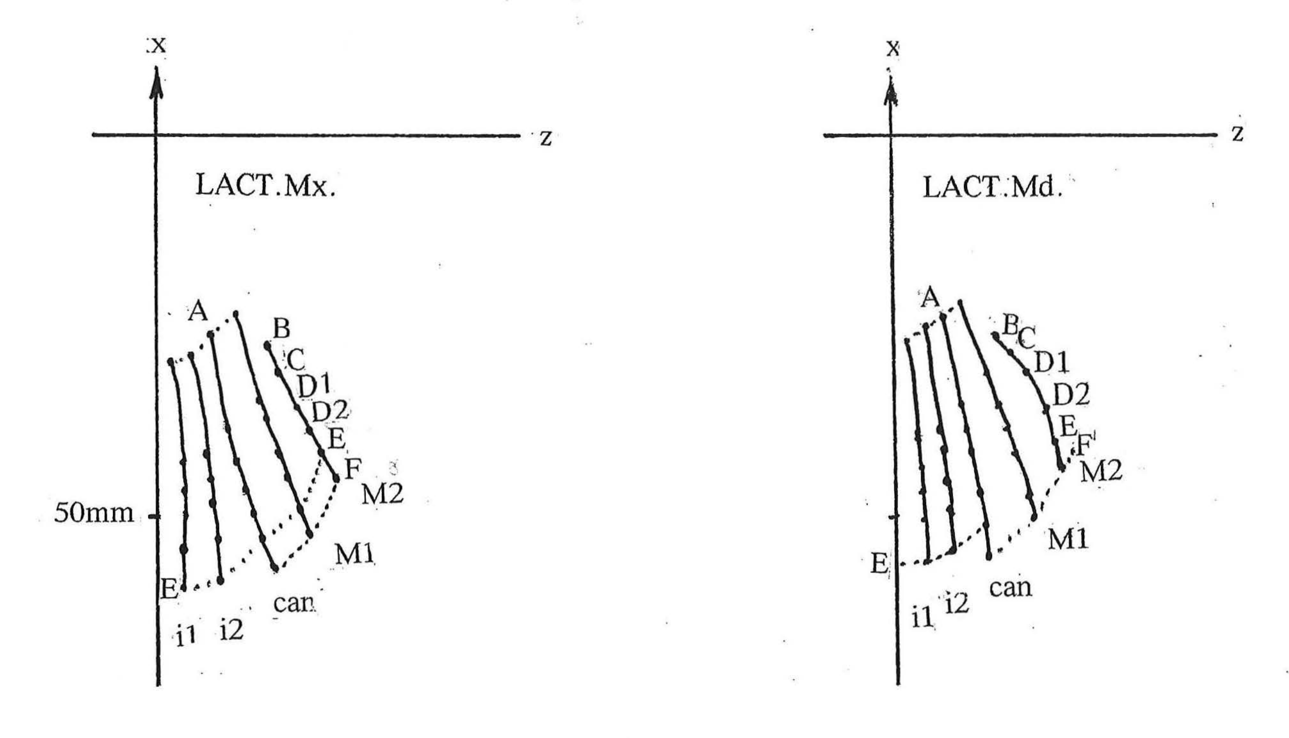
coordonnées des dents mandibulaires

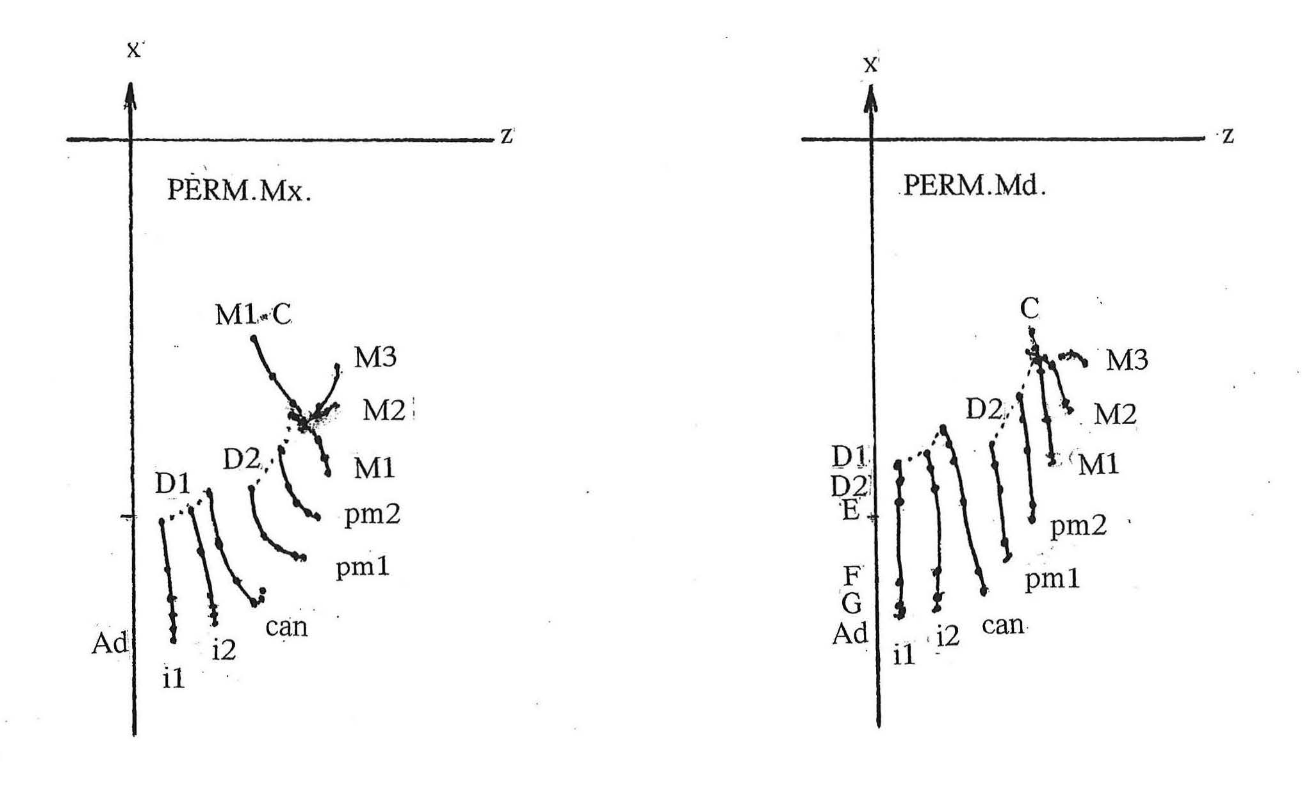



position des points dentaires
STADE INTERMÉDIAIRE ENTRE F ET G (=F1)
(∽ 10 ans)

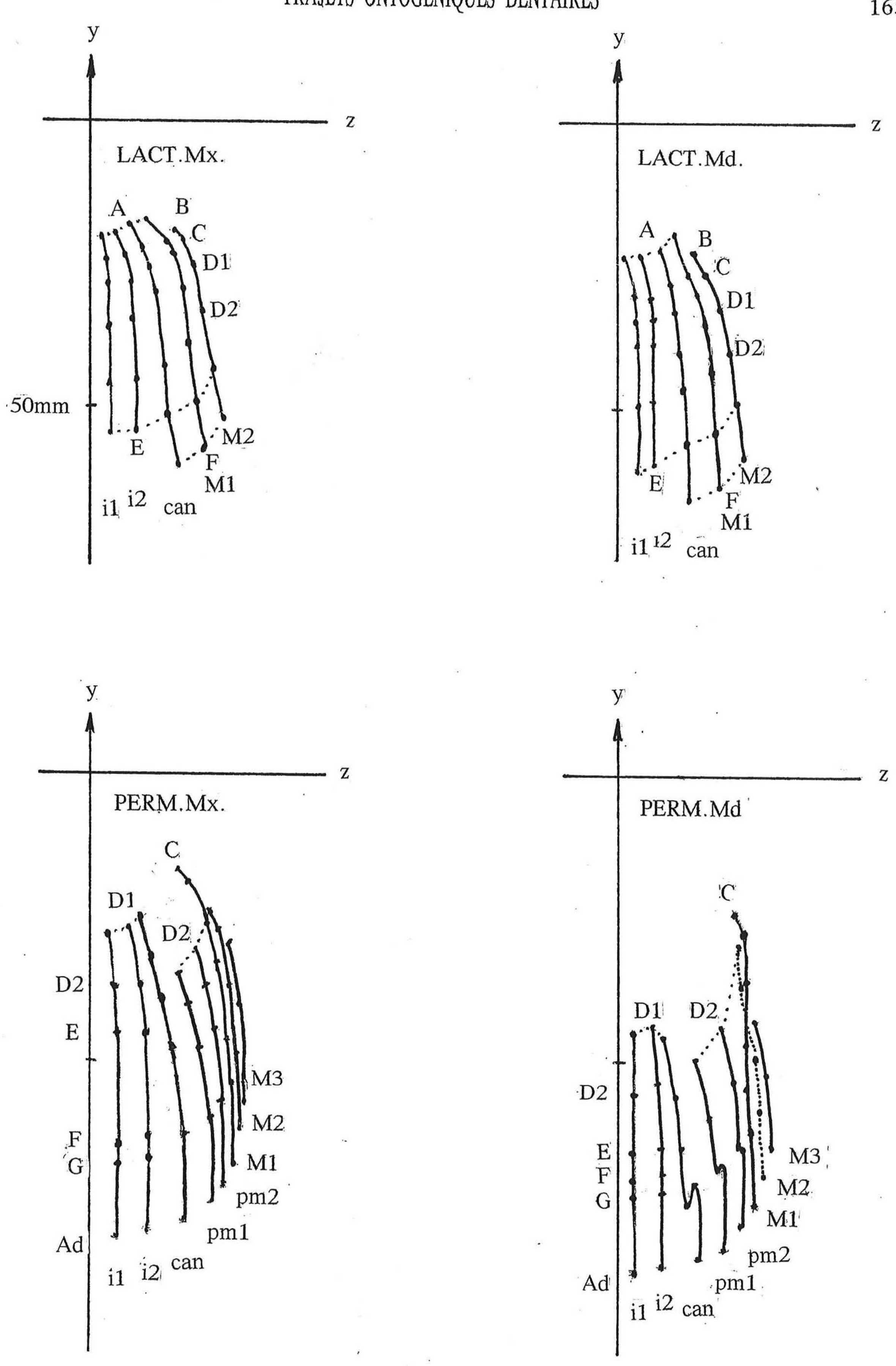


LACT.Mx.
B
C
A
D1
D2
F M2
i1 E
M1
can
LACT.Md.
M2
B
A i1
B
C
D1
D2
i1 E
F
M2
M1
can
i2 lact.Mx.
A
B
C
D1
D2
i2 lact.Md.
E
TRAJETS ONTOGÉNIQUES
DENTAIRES
projection
sagittale
50mm
PERM.Mx.
C-M1
D1
D1
D2
D2
E
F
G
M3
Ad
M2
M1
pm2
pm1
Ad
i1
can
i2
PERM.Md.
C-M1
D1
M2 D2
D1
D2
E
F
G
M3
M2
M1
pm2
pm1
Ad
can
i1
i2
x
y




projection horizontale vestibulaire




projection vertico-frontale vestibulaire

| | lactéales | | | | | permanentes | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | i1 | i2 | can | M1 | M2 | i1 | i2 | can | pm1 | pm2 | M1 | M2 | M3 |
| **MAXIL.** AB | 14,9 | 14,7 | 14,0 | 13,1 | | | | | | | | | |
| BC | 5,0 | 5,5 | 4,7 | 2,3 | 2,7 | | | | | | | | |
| CD1 | 8,3 | 7,6 | 6,5 | 9,3 | 7,8 | | | | | | 5,7 | | |
| D1D2 | 11,2 | 11,2 | 13,4 | 9,3 | 8,5 | 10,9 | 11,8 | 10,3 | | | 8,6 | | |
| D2E | 10,3 | 10,3 | 9,0 | 10,7 | 10,9 | 10,3 | 10,8 | 9,5 | 9,3 | 9,1 | 7,9 | 3,6 | |
| EF | | | 9,7 | 9,4 | 10,6 | 19,0 | 19,1 | 10,3 | 9,3 | 8,6 | 14,2 | 11,1 | |
| FG | | | | | | 3,9 | 2,7 | 16,2 | 12,3 | 13,1 | 8,1 | 12,2 | 9,6 |
| GAd | | | | | | 13,1 | 12,5 | 14,0 | 14,1 | 15,2 | 14,6 | 14,0 | 19,2 |
| Σd | 49,7 | 49,3 | 57,3 | 54,1 | 40,5 | 57,2 | 56,9 | 60,3 | 45,0 | 46,0 | 59,1 | 40,9 | 28,8 |
| entre | A&E | A&E | A&F | A&F | B&F | D1 &Ad | D1 &Ad | D1 &Ad | D2 &Ad | D2 &Ad | C &Ad | D2 &Ad | F &Ad |
| **MAND.** AB | 15,2 | 16,0 | 14,8 | 13,7 | | | | | | | | | |
| BC | 5,0 | 4,7 | 5,2 | 4,4 | 4,9 | | | | | | | | |
| CD1 | 6,4 | 6,4 | 8,3 | 6,5 | 7,2 | | | | | | 4,8 | | |
| D1D2 | 11,0 | 10,5 | 8,6 | 9,6 | 9,6 | 11,2 | 10,6 | 11,8 | | | 8,1 | | |
| D2E | 12,1 | 11,2 | 11,2 | 11,2 | 10,0 | 11,4 | 11,9 | 11,3 | 11,3 | 10,4 | 11,2 | 8,1 | |
| EF | | | 10,4 | 10,5 | 10,9 | 12,1 | 11,9 | 10,7 | 9,7 | 11,9 | 11,2 | 12,3 | |
| FG | | | | | | 4,2 | 4,6 | 9,9 | 8,1 | 8,1 | 9,7 | 10,7 | 10,1 |
| GAd | | | | | | 13,1 | 13,2 | 14,3 | 14,3 | 14,3 | 13,0 | 13,0 | 13,2 |
| Σd | 49,7 | 48,8 | 58,5 | 55,9 | 42,6 | 52,0 | 52,2 | 58,0 | 43,4 | 44,7 | 58,0 | 44,1 | 23,3 |
| entre | A&E | A&E | A&F | A&F | B&F | D1 &Ad | D1 &Ad | D1 &Ad | D2 &Ad | D2 &Ad | C &Ad | D2 &Ad | F &Ad |

distances parcourues
par les dents (et leurs germes)
(en mm.)

| | intervalle (ans) | stade | lactéales | | | | | permanentes | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | i1 | i2 | can | M1 | M2 | i1 | i2 | can | pm1 | pm2 | M1 | M2 | M3 |
| Max. | 0,17 | AB | 87,6 | 86,5 | 82,3 | 77,1 | | | | | | | | | |
| | 0,17 | BC | 29,4 | 32,3 | 27,6 | 13,5 | 15,9 | | | | | | | | |
| | 0,7 | CD1 | 11,9 | 10,9 | 9,3 | 13,3 | 11,1 | | | | | | 8,1 | | |
| | 1,3 | D1D2 | 8,6 | 8,6 | 10,3 | 7,2 | 6,5 | 8,4 | 9,1 | 7,9 | | | 6,6 | | |
| | 2 | D2E | 5,1 | 5,1 | 4,5 | 5,3 | 5,4 | 5,1 | 5,4 | 4,7 | 4,6 | 4,5 | 3,9 | 1,8 | |
| | 4,5 | EF | | | 2,2 | 2,1 | 2,4 | 4,2 | 4,2 | 2,3 | 2,1 | 1,9 | 3,1 | 2,5 | |
| | 5,5 | FG | | | | | | 0,9 | 0,6 | 3,6 | 2,7 | 2,9 | 1,8 | 2,7 | 2,1 |
| | 51 | GAd | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 |
| Mand | 0,17 | AB | 89,4 | 94,1 | 87,1 | 80,6 | | | | | | | | | |
| | 0,17 | BC | 29,4 | 27,6 | 30,6 | 25,9 | 28,8 | | | | | | | | |
| | 0,7 | CD1 | 9,1 | 9,1 | 11,8 | 9,3 | 10,3 | | | | | | 6,9 | | |
| | 1,3 | D1D2 | 8,5 | 8,1 | 6,6 | 7,4 | 7,4 | 8,6 | 8,2 | 9,1 | | | 6,2 | | |
| | 2 | D2E | 6,1 | 5,6 | 5,6 | 5,6 | 5,0 | 5,7 | 5,9 | 5,6 | 5,6 | 5,2 | 5,6 | 4,1 | |
| | 4,5 | EF | | | 2,3 | 2,3 | 2,4 | 2,7 | 2,6 | 2,4 | 2,2 | 2,6 | 2,5 | 2,7 | |
| | 5,5 | FG | | | | | | 0,9 | 1,0 | 2,2 | 1,8 | 1,8 | 2,2 | 2,4 | 2,2 |
| | 51 | GAd | | | | | | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |

vitesses de déplacement ontogénique
des dents (et de leurs germes)
(en mm / an)

# PLAN D'OCCLUSION

Dans ce chapitre, nous allons rechercher, aux divers stades ontogéniques, les éventuels rapports qui peuvent exister entre la situation de **l'ensemble** des dents lactéales et celui des dents permanentes, dans les axes vestibulaires d'orientation. Cela nécessite la définition préalable des plans d'occlusion, non seulement dans leur état fonctionnel, mais aussi dans leur état "putatif", basé sur les germes avant leur mise en place sur les arcades.

Il faut tout d'abord, comme dans le chapitre précédent, positionner chaque dent et chaque germe dentaire par les 3 coordonnées vestibulaires (x, y ,z) du point central de leur couronne, dès que cela devient possible. Puis, dans l'espace orienté, on établit pour chaque couple de dents ou germes présent aux deux mâchoires, un point moyen : le point inter-maxillo-mandibulaire, à mi-distance des 2 dents concernées. Cette détermination sera réalisée de façon unilatérale, avec symétrie supposée. Il peut donc exister, par exemple au stade E qui a été figuré, 2 séries de tels points : une série pour les lactéales et une autre pour les permanentes (en puissance). Les stades plus précoces ne présentent que la série lactéale et les stades plus âgés n'ont que la série permanente. En effet, les dents lactéales qui persistent après le stade E ne peuvent être prises ici en considération faute de pouvoir établir un nombre suffisant de couples pour déterminer des directions d'occlusion (comme on va le voir) , et il en est de même, avant le stade E pour les germes des permanentes.

L'examen (en projection sagittale) des séries de points inter-dentaires maxillo-mandibulaires suggère l'alignement de ceux-ci. Nous allons expliciter ce fait par des droites, projections sagittales des plans occlusaux, réels ou putatifs. Pourtant, il a fallu exclure les permanentes M2 de E et M3 de F et F1 car les points obtenus n'étaient manifestement pas encore bien alignés sur les autres, à ces stades (comme si le degré de croissance des arcades, vers l'avant, était encore insuffisant).

L'alignement général sagittal des points dentaires inter-maxillo-mandibulaires peut être explicité avec une bonne précision, par une droite. Elle va passer par un point "occlusal" (ocl), calculé par la moyenne des coordonnées de ces points (qui, pour une catégorie donnée : lactéale ou permanente, est donc fonction de celles de toutes les dents ou germes des deux mâchoires et des deux côtés!).

Le "lieu" géométrique des points ocl (un pour les lactéales et un pour les permanentes) durant l'ontogénèse, peut être tracé dans les axes vestibulaires. Le tracé sagittal que nous avons figuré est, par son incurvation, de même nature que celui des autres points splanchnocraniens déjà étudiés.

Connaissant un point de la droite d'occlusion, dans le plan sagittal, il suffit, pour la tracer, de connaître son angulation ($\alpha$) relativement à l'horizontale de référence. Un exemple de calcul, utilisant le principe des "moindres carrés", est proposé plus loin.

L'analyse de ces résultats sagittaux attire l'attention sur plusieurs constatations :

- au stade E, les plans d'occlusion réel (lactéal) et putatif (futures permanentes) sont pratiquement superposés

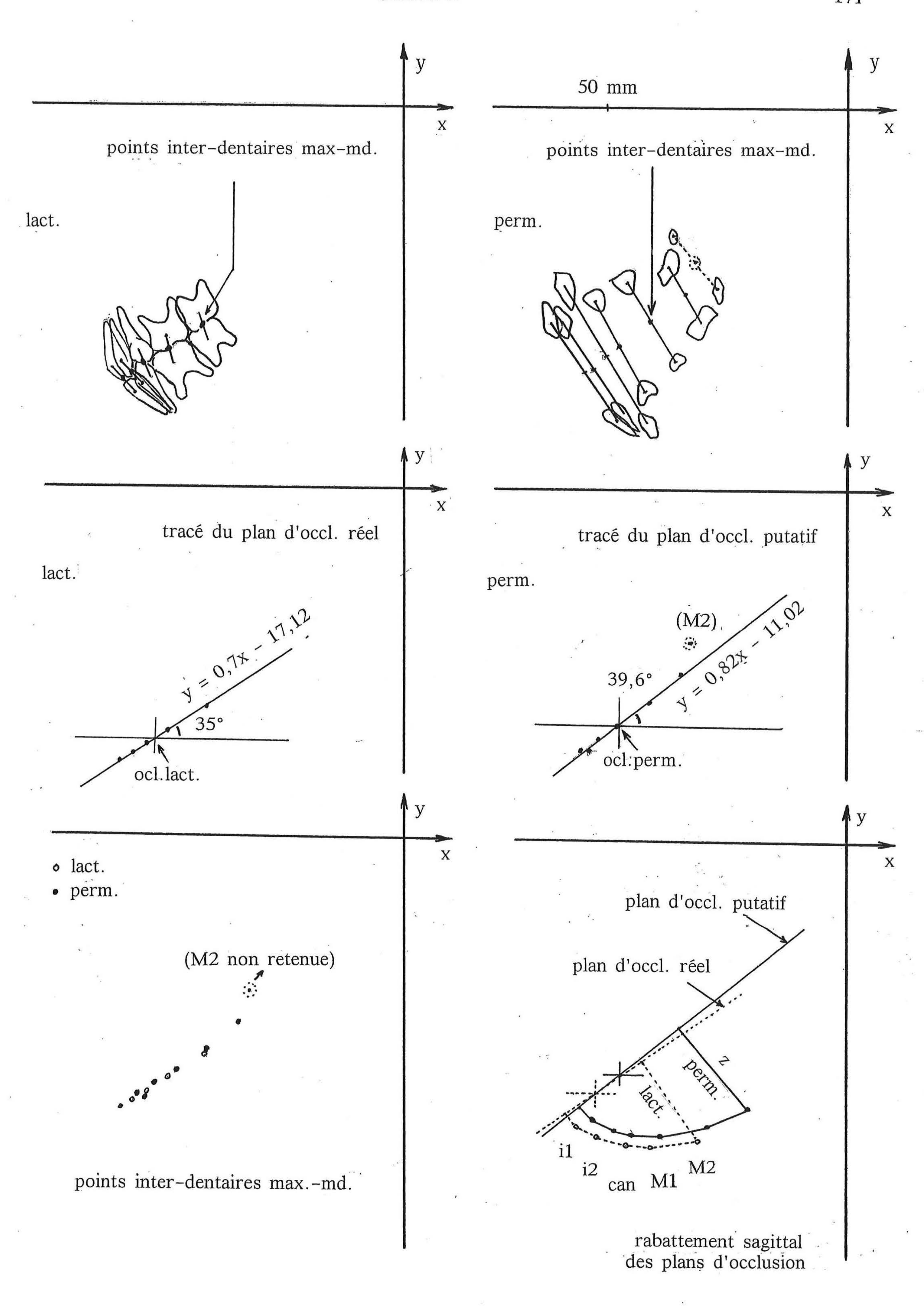
- chez l'adulte, des rapports existent entre le plan d'occlusion et certaines structures neurocraniennes, notamment avec la "sphère bi-pariétale" (de centre **P**), et avec les éléments occipitaux, comme cela ressort de travaux antérieurs.

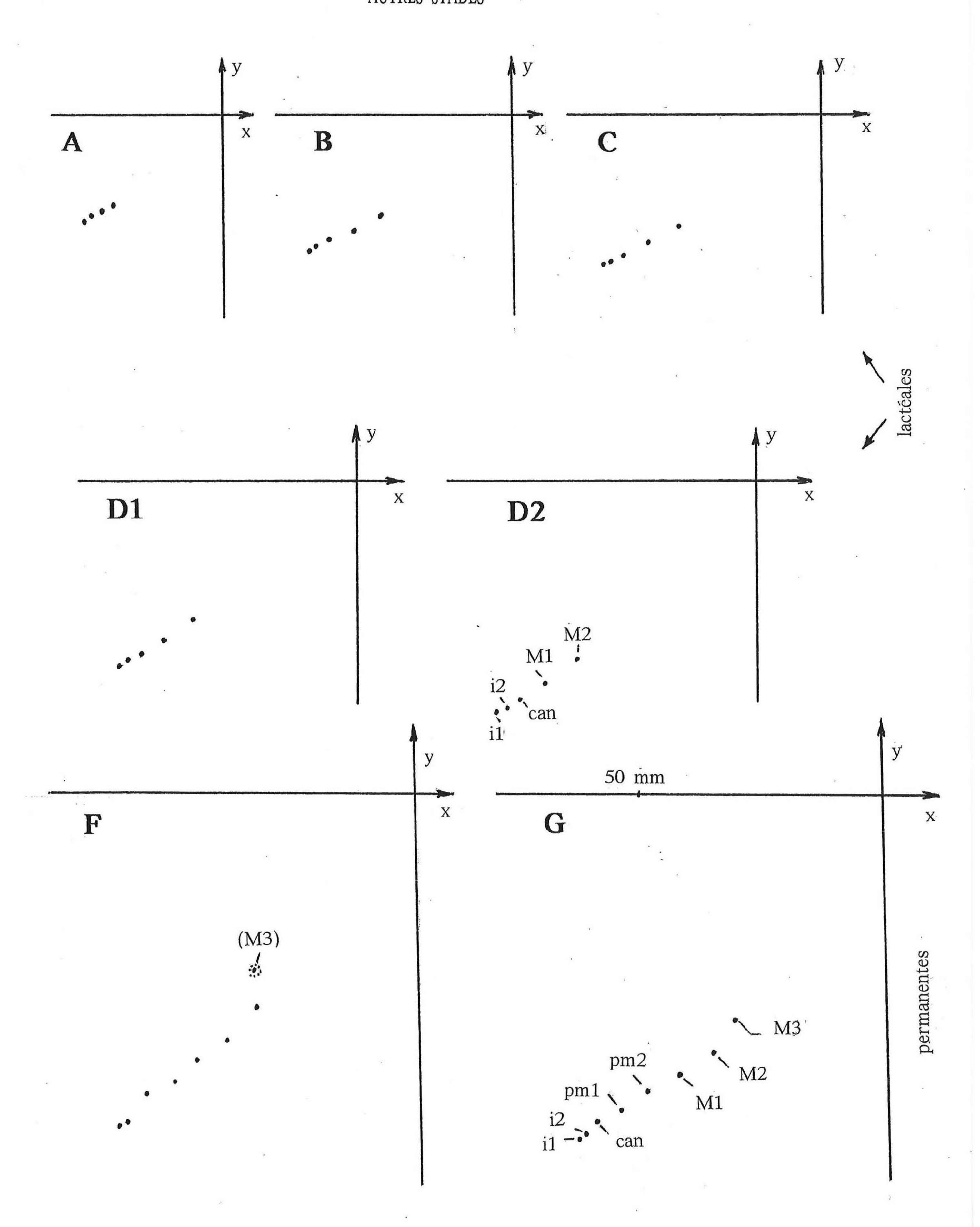
Si maintenant, nous considérons aussi les dimensions de largeur (les z moyens de chaque couple dentaire), il est possible de représenter à tous les stades, les plans d'occlusion des 2 catégories, en projetant les points inter-maxillo-mandibulaires sur les plans horizontal et vertico-frontal, et surtout en faisant coïncider les plans d'occlusion avec celui de la feuille de dessin. Cela peut se faire soit par construction directe, soit par rabattement sagittal. Il devient alors commode d'en mesurer (au planimètre) la surface (exprimée bilatéralement dans nos tableaux), avec les limites postérieures qui ont été convenues. On constate par exemple que, du fœtus de 5 mois à l'enfant de 4 ans, l'aire est multipliée par 8 pour le plan occlusal lactéal et que, de l'enfant de 4 ans à l'adulte, l'aire a doublé pour le plan occlusal des permanentes.

Les mêmes représentations peuvent être à la base d'analyses recherchant la forme des arcades (ou plus exactement de la courbe constituée des points dentaires inter-arcades maxillo-mandibulaire), sachant qu'une assimilation à une formulation mathématique ne peut être qu'une approximation plus ou moins parfaite à la constitution anatomique réelle, avec ce que cela implique de variabilité et d'imprécision. 2 essais seront proposés.

| | | lactéales | | | | | permanentes | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | i1 | i2 | can | M1 | M2 | i1 | i2 | can | pm1 | pm2 | M1 | M2 | M3 |
| A | x | 27,8 | 26,5 | 24,5 | 22,0 | | | | | | | | | |
| | y | 22,0 | 21,3 | 20,0 | 18,5 | | | | | | | | | |
| | z | 1,5 | 4,0 | 6,5 | 9,0 | | | | | | | | | |
| B | x | 41,5 | 40,5 | 37,5 | 33,5 | 27,0 | | | | | | | | |
| | y | 28,0 | 27,0 | 26,0 | 24,0 | 20,3 | | | | | | | | |
| | z | 2,5 | 6,0 | 8,5 | 12,0 | 13,5 | | | | | | | | |
| C | x | 44,8 | 43,3 | 40,5 | 35,5 | 29,0 | | | | | | | | |
| | y | 31,8 | 31,3 | 29,5 | 26,5 | 23,0 | | | | | | | | |
| | z | 2,8 | 6,5 | 9,8 | 13,3 | 15,0 | | | | | | | | |
| D[1] | x | 48,5 | 47,0 | 44,0 | 39,5 | 33,3 | | | | | | | | |
| | y | 38,0 | 37,0 | 35,5 | 33,0 | 28,5 | | | | | | | | |
| | z | 2,8 | 6,8 | 10,5 | 14,8 | 17,5 | | | | | | | | |
| D[2] | x | 53,3 | 51,0 | 48,5 | 43,0 | 37,0 | | | | | | | | |
| | y | 48,0 | 47,0 | 45,0 | 41,5 | 36,5 | | | | | | | | |
| | z | 3,0 | 7,3 | 11,5 | 16,0 | 19,0 | | | | | | | | |
| E | x | 58,3 | 56,0 | 53,0 | 48,8 | 41,0 | 55,0 | 53,5 | 50,8 | 47,8 | 41,0 | 34,5 | *32,0* | |
| | y | 58,0 | 56,5 | 54,0 | 51,0 | 46,0 | 56,0 | 55,3 | 52,5 | 50,0 | 45,0 | 39,0 | *31,5* | |
| | z | 3,0 | 7,5 | 12,5 | 17,5 | 20,5 | 3,5 | 8,5 | 12,0 | 16,0 | 20,0 | 22,0 | *21,5* | |
| F | x | | | 56,0 | 51,0 | 44,5 | 61,0 | 59,5 | 55,3 | 50,0 | 44,8 | 38,5 | 33,0 | *33,5* |
| | y | | | 63,5 | 60,5 | 56,0 | 68,0 | 67,0 | 61,5 | 59,0 | 54,5 | 50,8 | 43,0 | *36,5* |
| | z | | | 12,5 | 18,5 | 22,0 | 3,5 | 9,0 | 13,0 | 17,5 | 20,8 | 23,3 | 23,0 | *23,5* |
| F[1] | x | | | | | | 62,5 | 60,5 | 57,3 | 52,3 | 44,8 | 40,8 | 34,5 | *32,5* |
| | y | | | | | | 69,5 | 68,8 | 64,5 | 62,0 | 59,0 | 54,8 | 48,0 | *41,3* |
| | z | | | | | | 3,5 | 9,0 | 13,8 | 18,3 | 21,0 | 23,3 | 23,8 | *23,8* |
| G | x | | | | | | 63,8 | 61,8 | 59,3 | 54,5 | 49,0 | 43,0 | 36,0 | 31,5 |
| | y | | | | | | 71,0 | 69,8 | 67,5 | 65,0 | 61,5 | 58,3 | 53,0 | 46,0 |
| | z | | | | | | 3,5 | 9,0 | 14,5 | 18,8 | 21,5 | 23,5 | 24,5 | 24,5 |
| Ad | x | | | | | | 65,5 | 63,5 | 61,0 | 57,0 | 51,5 | 44,0 | 36,0 | 29,0 |
| | y | | | | | | 84,0 | 82,5 | 81,5 | 79,0 | 76,0 | 72,0 | 66,5 | 61,5 |
| | z | | | | | | 3,5 | 9,5 | 15,0 | 19,0 | 22,0 | 23,5 | 25,0 | 27,0 |

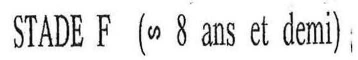
position des points dentaires inter-maxillo-mandibulaires
(tous les x et y doivent être affectés du signe -)


y
x
points inter-dentaires max-md.
lact.
y
50 mm
x
points inter-dentaires max-md.
perm.
y
x
tracé du plan d'occl. réel
lact.
y = 0,7x - 17,12
35°
ocl.lact.
y
x
tracé du plan d'occl. putatif
perm.
(M2)
39,6°
y = 0,82x - 11,02
ocl.perm.
y
x
o lact.
• perm.
(M2 non retenue)
points inter-dentaires max.-md.
y
x
plan d'occl. putatif
plan d'occl. réel
z
perm.
lact.
i1
i2
can
M1
M2
rabattement sagittal
des plans d'occlusion




points dentaires inter-maxillo-mandibulaires

évolution des points ocl. des lactéales
et des plans d'occlusion




y

50mm

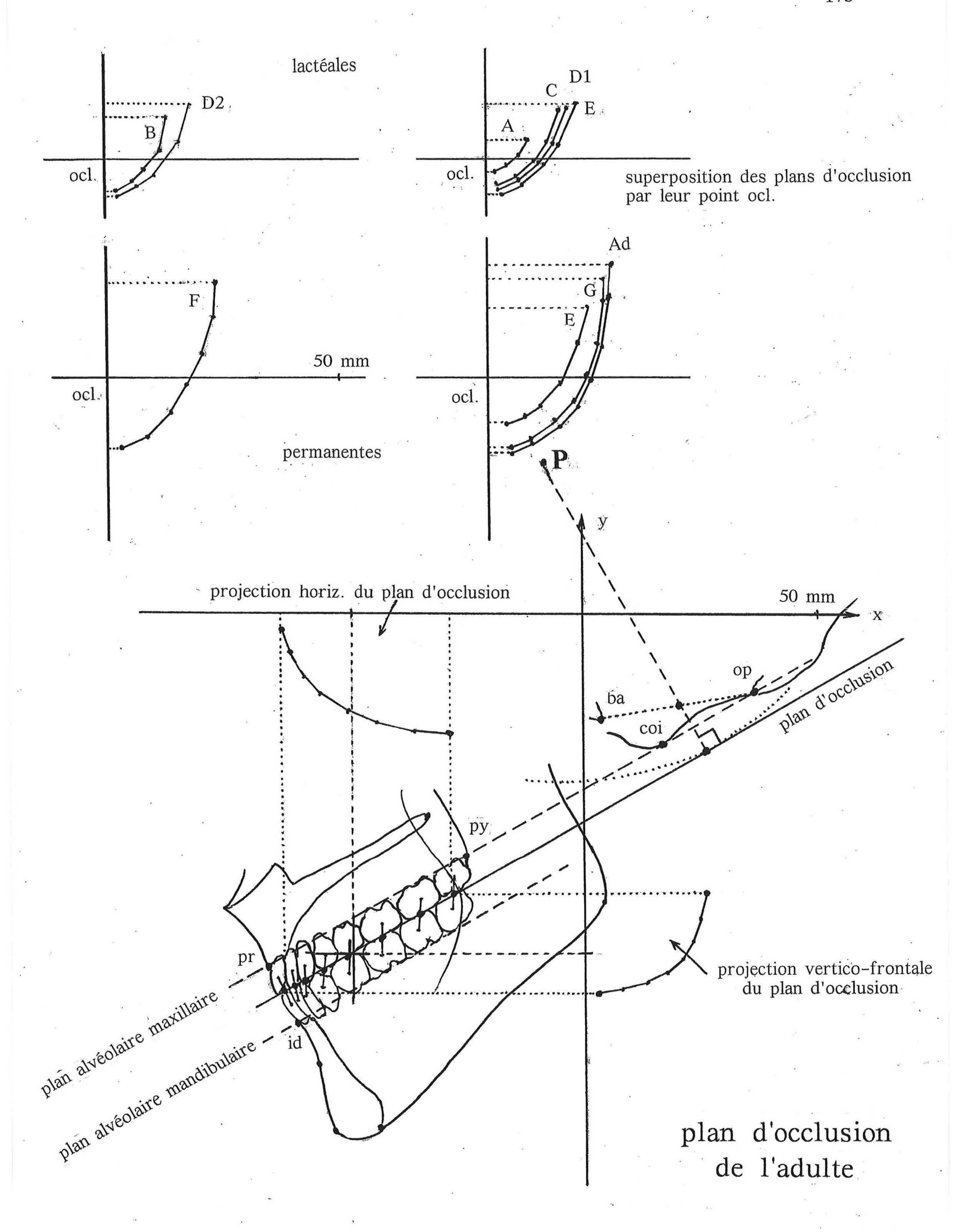
x

α = 36,8°

à partir des dents
en place sur les arcades

n = 6
ocl. $\overline{X}$ = -51,75
ocl. $\overline{Y}$ = -60,97
$\sigma_x$ = 8,086
$\sigma_y$ = 6,063
r = 0,998

PLAN D'OCCLUSION
en d. mixte
d.lact.
d.perm.




plan d'occlusion
de l'adulte

En pratique, pour déterminer le plan d'occlusion par la méthode des "moindres carrés", il faut procéder comme suit, avec exemple pour l'adulte (valeurs prises dans les dernières lignes du tableau précédent) :

calculer : n = 8 (nombre de couples dentaires maxillo-mandibulaires, d'un côté)
$\Sigma x = -407{,}5$
$\Sigma y = -603$
$\Sigma x^2 = 22017{,}75$
$\Sigma y^2 = 45910$
$\Sigma xy = 31474{,}75$

point "occlusal" : $\overline{X} = -407{,}5 / 8 = -50{,}94$ et $\overline{Y} = -603 / 8 = -75{,}38$

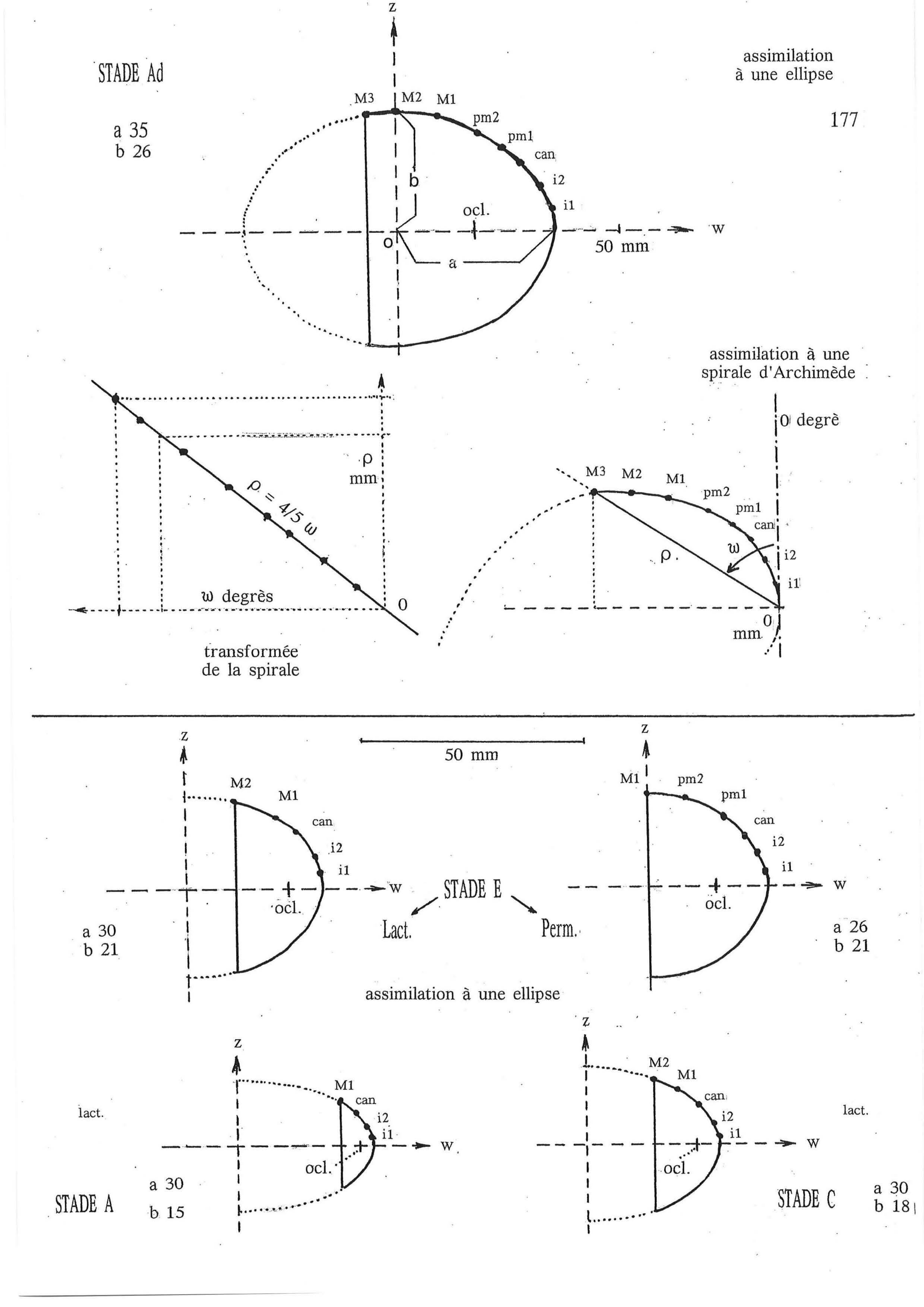
calculer : $A = (-407{,}5 \times -603) / 8 = 30715{,}31$
$B = (-407{,}5)^2 / 8 = 20757{,}03$
$C = (-603)^2 / 8 = 45451{,}12$
$Num = 2(31474{,}75 - A) = 1518{,}87$
$Dén = 22017{,}75 - 45910 - B + C = 801{,}47$
$J = 1518{,}87 / 801{,}47 = 1{,}89$
$L$ = racine de $1 + (1{,}89)^2 = 2{,}138$
$tg.\alpha = (-1 + 2{,}138) / 1{,}89 = 0{,}6$ ; d'où $\alpha = 31$ degrés.

La projection sagittale du plan occlusal peut être construite en traçant un angle de 31° à partir du "point occlusal" qui a été calculé. Les $\sigma$ du tableau suivant sont fonction de l'étendue, en longueur et en hauteur, du plan occlusal, en faisant par exemple $2{,}6\sigma$.

| | | $\overline{X}$ ocl. | $\overline{Y}$ ocl. | $\sigma_x$ ocl. | $\sigma_y$ ocl. | n | $\alpha$ degrés | S. ocl |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| lact. | A | -25,19 | -20,44 | 2,18 | 1,33 | 4 | 31,4 | 0,8 |
| | B | -36,00 | -25,05 | 5,29 | 2,74 | 5 | 27,3 | 2,5 |
| | C | -38,60 | -28,40 | 5,74 | 3,27 | 5 | 29,6 | 3,0 |
| | D1 | -42,45 | -34,40 | 5,53 | 3,40 | 5 | 31,5 | 4,0 |
| | D2 | -46,55 | -43,60 | 5,87 | 4,19 | 5 | 35,5 | 5,0 |
| | E | -51,40 | -53,10 | 6,10 | 4,27 | 5 | 35,0 | 6,0 |
| perm. | E | -47,08 | -49,63 | 7,22 | 5,98 | 6 | 39,6 | 8,5 |
| | F | -48,86 | -57,68 | 9,84 | 8,31 | 7 | 33,0 | 12,5 |
| | G | -49,84 | -61,50 | 11,30 | 8,14 | 8 | 32,0 | 15,0 |
| | Ad | -50,94 | -75,38 | 12,55 | 7,57 | 8 | 31,0 | 17,0 |

(N.B. dans tous les cas, $r \sim 1$)

tracé du plan d'occlusion, réel ou putatif, et valeur de sa surface (bilatérale) en $cm^2$


STADE Ad
assimilation à une ellipse
a 35
b 26
z
M3
M2
M1
pm2
pm1
can
i2
i1
b
ocl.
o
a
w
50 mm
assimilation à une spirale d'Archimède
0 degré
ρ mm
ρ = 4/5 ω
ω degrès
0
M3
M2
M1
pm2
pm1
can
ω
ρ
i2
i1
0
mm
transformée de la spirale
50 mm
z
M2
M1
can
i2
i1
w
ocl.
a 30
b 21
STADE E
Lact.
Perm.
z
M1
pm2
pm1
can
i2
i1
w
ocl.
a 26
b 21
assimilation à une ellipse
z
M1
can
i2
i1
w
ocl.
lact.
STADE A
a 30
b 15
z
M2
M1
can
i2
i1
w
ocl.
lact.
STADE C
a 30
b 18

ELLIPSE

La courbe formée par la séquence des points dentaires inter-maxillo-mandibulaires du plan occlusal (réel ou putatif, lactéal ou permanent) peut être assimilée à une portion d'ellipse, suite à des approximations successives concernant les demi-axes : **a** pour le plus grand, celui des w (répondant au sens antéro-postérieur) et **b** celui des largeurs (les z déjà proposés pour nos applications tridimensionnelles).

Pour dessiner l'ellipse par points, en se donnant par exemple : a = 35 et b = 26 , et pour un point dont w = 10, il faut faire d'abord : $b^2 = 676$ puis $(10\times26/35)^2 = 55$ ,
Pour obtenir z, prendre la racine de 676-55, ce qui nous donne ± 24,9 qui répond aux points (droit et gauche) de M1 de l'adulte.

Sur l'axe des w, il peut être intéressant de situer le point ocl (par sa distance mesurée à partir du sommet du grand axe), et aussi de positionner le point dentaire le plus postérieur du stade considéré. On le fait à partir de l'origine (0) des axes w et z, en comptant cette distance positivement vers l'avant des arcades). On peut ainsi proposer le tableau suivant :

| | stades | a | b | ocl. | lim.p. |
|---|---|---|---|---|---|
| | A | 30 | 15 | 3 | +23 |
| lact. | C | 30 | 18 | 5,5 | +15 |
| | E | 30 | 21 | 7,5 | +11 |
| | E | 26 | 21 | 11,5 | 0 |
| perm. | G | 32 | 25 | 15,5 | -5 |
| | Ad | 35 | 26 | 17,5 | -7 |

Pour les lactéales, b s'accroit alors que a demeure constant; et pour les permanentes, l'accroissement intéresse les 2 axes, mais surtout a.

Le point ocl s'éloigne ontogénétiquement de la zone incisive, à mesure de la prise en compte de nouvelles dents, vers l'arrière, et arrive à a/2 = 17,5 chez l'adulte.

Comptée à partir du zéro des axes de l'ellipse, la limite postérieure (lim.p.) répondant à la dernière dent du plan, va de w = +23 à w = +11, du stade A au stade E pour les lactéales, et de w = 0 à w = -7 pour les permanentes : du stade E à l'adulte.

SPIRALE

En prenant comme **origine des angles**, la perpendiculaire à l'axe antéro-postérieur du plan d'occlusion, menée par le point inter-maxillo-mandibulaire, entre les points incisifs centraux ( i1 droit et gauche), et comme **origine des longueurs** des rayons, ce même point, si l'on fait tourner un tel rayon, les points dentaires inter-maxillo-mandibulaires peuvent être positionnés par la méthode des coordonnées polaires, avec un angle $\omega$ et une longueur $\rho$.

Avec les $\omega$ exprimés en degrés et les $\rho$ en millimètres, en situant les points en coordonnées rectangulaires, la "transformée" obtenue s'avère être une droite, **chez l'adulte.**

$$\rho = 4/5\ \omega$$

Cela démontre que la suite des points dentaires inter-maxillo-mandibulaires est assimilable à une portion de spirale d'Archimède avec, comme limites (de chaque côté) : $\omega$=59° et $\rho$=47,2 mm.

Pour les stades plus jeunes, les adaptations sont plus imparfaites, avec une "pente" de la transformée de plus en plus faible, et une tendance de plus en plus marquée à ce que la droite théorique se modifie en s'incurvant vers le haut du graphique pour les angles les plus forts (donc les dents les plus postérieures). La spirale n'est donc à retenir que chez l'adulte.

PARABOLE

Les adaptations s'avèrent mauvaises, quel que soit l'âge.

# CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LE SQUELETTE CÉPHALIQUE

# LES SECTEURS ANGULAIRES VESTIBULAIRES

L'évolution ontogénique des divers constituants craniens montre leurs déplacements rotatoires relativement aux axes vestibulaires. Ces rotations autour de l'axe transverse de Perez (unissant les vestibions internes vi droit et gauche) peuvent être explicités, en vue latérale (gauche, par convention) au niveau des points **exocraniens** les plus **périphériques** de chaque zone considérée. Ce sont des points **sagittaux** , sauf le gonion (go) dont on étudiera la projection sagittale. Ils sont aussi des points "**frontière**" entre 2 os ou entre deux régions d'un os.

Il s'agit, pour le **neurocrâne**, du nasion (na), du pré-vestibion (pv), du médio-frontal (mf), du bregma (br), de l'acrion (ac), du lambda (L), de l'inion (I), du rétro-vestibion (rv), de l'opisthion (op) et du basion (ba)...

...et, pour le **splanchnocrâne**, du gonion (go), du symplysaire inférieur (si), de l'infra-dental (id), du prosthion (pr), et encore du nasion (na), à l'union avec le neurocrâne.

A titre complémentaire, 2 points latéraux, seront aussi utilisés par leur projection sagittale : le ptérion (pt) et l'astérion (ast).

COORDONNÉES POLAIRES

S'agissant de phénomènes rotatoires, il sera plus commode de raisonner à partir de coordonnées polaires ($\rho$ et $\omega$) plutôt que de coordonnées rectangulaires (x et y). La transformation est simple, sachant que $\rho$ est la racine carrée de $x^2+y^2$ et que $\omega$ est apporté par $tg\omega = y/x$ . Les $\rho$ sont exprimés en mm et les $\omega$ en degrés. Par convention, l'origine des longueurs des "rayons" $\rho$ est le point de rencontre des axes vestibulaires, et celle des angles $\omega$ est la portion postérieure de l'axe vestibulaire horizontal. Les $\omega$ sont notés positivement (de 0 à +180°) pour les points situés au-dessus de l'horizontale vestibulaire, et négativement (de 0 à -180°) pour ceux qui sont en dessous. Précisons bien que la signification de ces signes n'a *aucun rapport avec les mouvements réels de rotation des points durant l'évolution! En effet, rappelons que sur un crâne vu par son côté gauche, lorsque durant la phylogénèse ou l'ontogénèse, un point tourne dans le sens des aiguilles d'une montre (rotation "horaire"), la rotation est dite "positive" . Elle est appelée "négative" en cas contraire (sens "anti-horaire). Dans l'exemple figuré plus loin, concernant les rayons se rendant au gonion et à l'opisthion, la rotation est négative pour le premier et positive pour le second.*

Les tableaux fourniront tout d'abord, les coordonnées polaires des **points**, à tous les stades étudiés. cela permettra, d'une part, d'étudier le **sens** et l'**amplitude** de la rotation de **chaque point**, d'un stade à un autre, et plus particulièrement du fœtus (A) à l'adulte (Ad), grâce à l'iconographie jointe; puis, d'autre part, de connaitre, entre 2 points voisins, la valeur du "secteur angulaire" compris entre eux (et qui pourrait s'assimiler à un "angle au centre" de la géométrie classique).

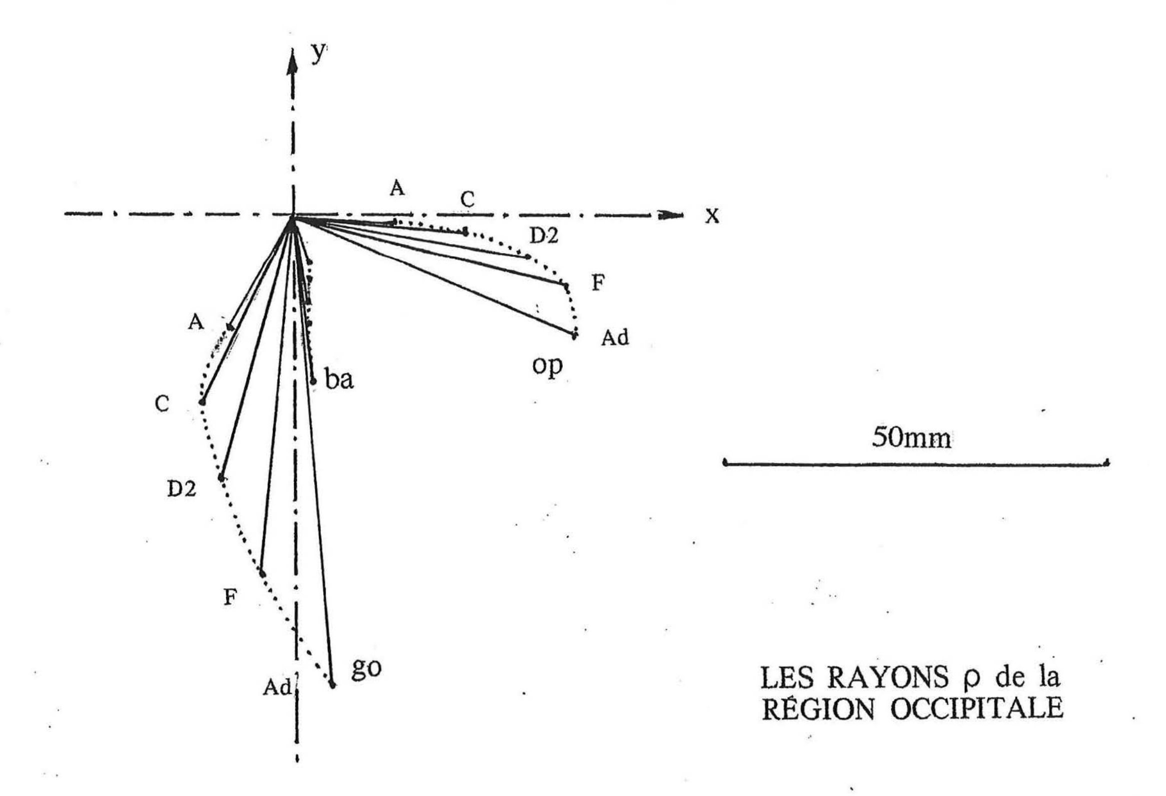
Le splanchnocrâne comprend 4 secteurs angulaires : massif facial (de na à pr), dentaire (de pr à id), symphysaire (de id à si) et ramus mandibulaire (de si à la projection de go). Le neurocrâne compte : 3 secteurs frontaux ( de na à pv, de pv à mf et de mf à br), 2 secteurs pariétaux (de br à ac et de ac à L), et 3 secteurs occipitaux (un pour le néo-occipital, d'origine "membraneuse" de L à I, un autre pour le paléo-occipital, d'origine "cartilagineuse" de I à op, dont on a disjoint le troisième secteur, foraminien, pour le trou occipital, de op à ba). Quant à la portion basilaire de l'occipital, elle est étudiée dans un autre chapitre.

L'ensemble de tous les secteurs ne couvre pas les 360° autour du centre des axes, il demeure un "reliquat" angulaire entre le rayon du basion et celui de la projection du gonion.

ω 90
y
ac
ω 122,6
br
ω 55,8
L
ρ 105
ω 150,1
mf
ρ 105,6
ρ 94,3
néo-occip
ρ 108,4
pariétal
ω 13,3
I
ρ 73,9
frontal
paléo-occip
ω 180
pv
ρ 101
ρ 57
ω 0
x
rv
+
-
ρ 95,3
na
ρ 23,2
ρ 40,3
ω -170,3
trou occip
op
ω -23,4
ba
ω -82,5
mass.facial
ρ 104,9
ρ 112
ρ 122,8
ρ 63,2
go
50mm
br.hor.md.
pr
dents
ω -85,5
ω -131,1
id
symph.
ω -122,9
si
COORDONNÉES POLAIRES
ω -110,5

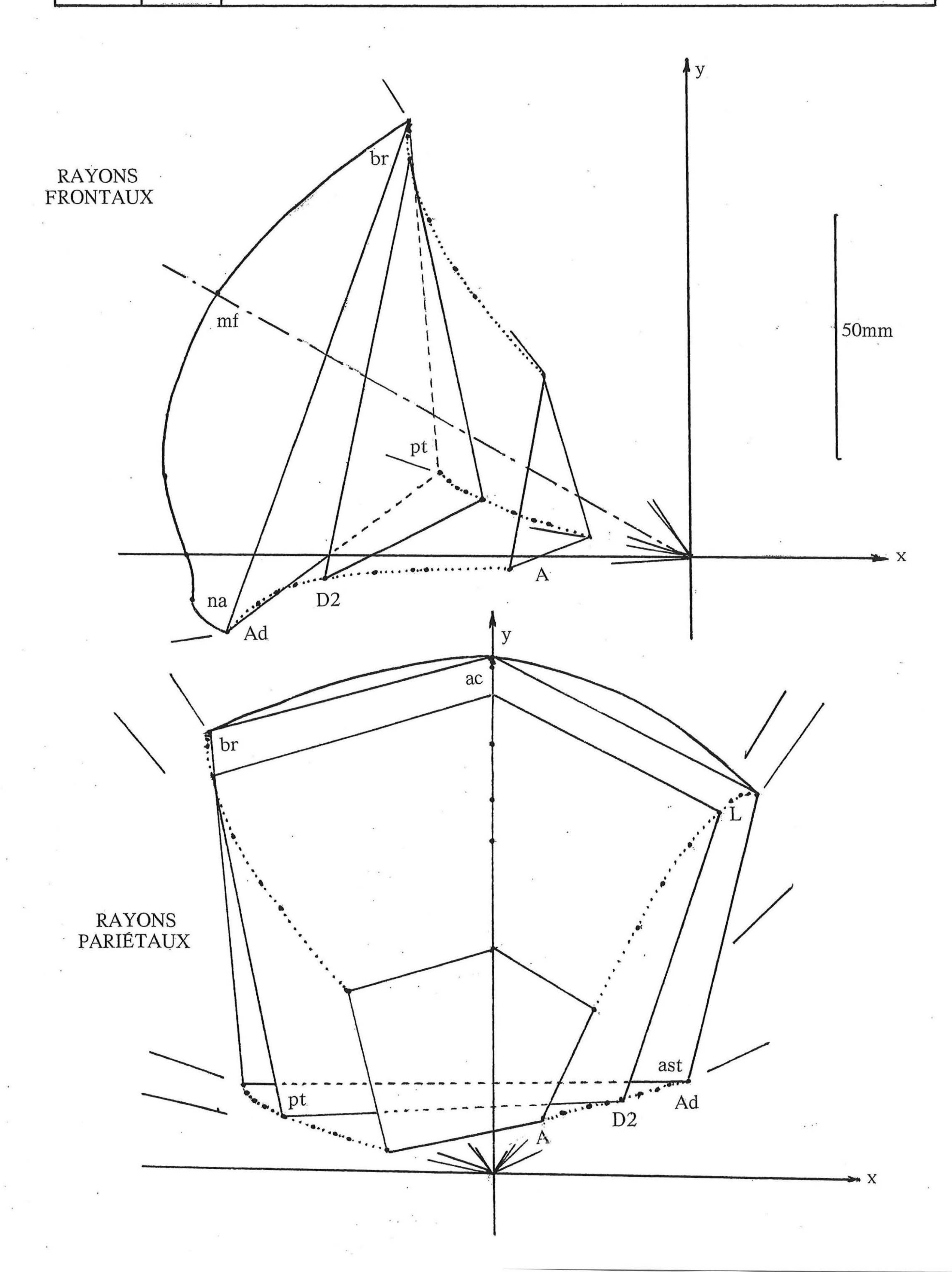
| | | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ba | ω | -70,0 | -78,7 | -83,6 | -84,6 | -85,2 | -85,9 | -86,4 | -83,7 | -82,5 |
| | ρ | 5,8 | 7,6 | 9,0 | 10,5 | 12,0 | 14,0 | 16,0 | 18,1 | 23,2 |
| op | ω | -4,2 | -3,0 | -4,9 | -6,3 | -11,3 | -13,6 | -14,4 | -16,9 | -23,4 |
| | ρ | 13,5 | 19,0 | 23,1 | 27,2 | 30,6 | 33,9 | 36,1 | 37,6 | 40,3 |
| rv | ω | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | ρ | 15,0 | 19,0 | 23,0 | 34,0 | 44,0 | 47,0 | 49,0 | 51,0 | 57,0 |
| l | ω | 27,5 | 25,9 | 27,1 | 23,9 | 22,1 | 21,2 | 19,9 | 18,8 | 13,3 |
| | ρ | 28,2 | 41,1 | 48,3 | 56,9 | 63,7 | 66,5 | 67,5 | 68,1 | 73,9 |
| L | ω | 57,1 | 59,5 | 60,0 | 59,2 | 58,1 | 58,6 | 58,2 | 57,3 | 55,8 |
| | ρ | 40,5 | 59,2 | 68,1 | 78,0 | 87,1 | 90,2 | 91,2 | 92,6 | 94,3 |
| ac | ω | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| | ρ | 46,0 | 68,0 | 76,0 | 88,0 | 98,0 | 104,0 | 106,0 | 106,0 | 105,0 |
| br | ω | 128,1 | 127,9 | 129,0 | 127,0 | 124,6 | 123,5 | 123,2 | 122,9 | 122,6 |
| | ρ | 47,0 | 68,4 | 74,6 | 86,4 | 98,5 | 103,2 | 104,0 | 104,8 | 105,6 |
| mf | ω | 150,7 | 151,9 | 152,0 | 151,0 | 150,2 | 150,0 | 150,5 | 150,3 | 150,1 |
| | ρ | 47,0 | 68,0 | 74,7 | 84,6 | 96,7 | 103,9 | 105,7 | 107,0 | 108,4 |
| pv | ω | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 |
| | ρ | 39,5 | 55,0 | 59,0 | 66,0 | 75,0 | 85,0 | 88,0 | 93,0 | 101,0 |
| na | ω | -173,6 | -175,8 | -175,9 | -176,4 | -175,3 | -175,7 | -172,5 | -172,8 | -170,3 |
| | ρ | 36,2 | 54,1 | 56,1 | 64,1 | 73,2 | 80,2 | 84,7 | 87,7 | 95,3 |
| pr | ω | -143,7 | -147,2 | -147,1 | -145,3 | -142,2 | -139,5 | -136,3 | -136,2 | -131,1 |
| | ρ | 37,2 | 53,5 | 57,1 | 63,2 | 73,4 | 81,6 | 91,2 | 94,1 | 104,9 |
| id | ω | -140,6 | -141,0 | -140,8 | -137,6 | -134,4 | -130,6 | -127,2 | -127,1 | -122,9 |
| | ρ | 36,2 | 54,0 | 55,4 | 62,3 | 72,8 | 82,9 | 94,2 | 97,8 | 112,0 |
| si | ω | -130,4 | -130,4 | -129,1 | -125,9 | -121,4 | -118,1 | -114,9 | -114,1 | -110,5 |
| | ρ | 35,5 | 52,5 | 55,4 | 63,0 | 74,9 | 85,0 | 97,1 | 102,9 | 122,8 |
| go | ω | -118,1 | -121,8 | -117,5 | -111,8 | -105,9 | -100,8 | -93,6 | -88,9 | -85,5 |
| | ρ | 17,0 | 24,7 | 28,2 | 32,3 | 36,4 | 42,7 | 48,1 | 54,0 | 63,2 |

(ρ en mm, et ω en degrés)




LES RAYONS ρ de la RÉGION OCCIPITALE

| | | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ast | ω | 45,00 | 38,16 | 30,96 | 30,26 | 30,65 | 29,54 | 27,94 | 27,22 | 25,97 |
| | ρ | 14,14 | 17,80 | 23,32 | 27,78 | 31,38 | 34,48 | 37,35 | 39,36 | 43,38 |
| pt | ω | 167,90 | 166,43 | 166,81 | 165,96 | 164,05 | 164,42 | 163,74 | 162,30 | 161,22 |
| | ρ | 21,48 | 29,83 | 32,87 | 37,11 | 43,68 | 47,80 | 50,00 | 51,24 | 52,81 |



| ∩ sect.ang | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ba ∩ op | 65,8 | 75,7 | 78,7 | 78,3 | 67,8 | 72,3 | 72,0 | 66,8 | 59,1 | ↘6,7 |
| op ∩ I | 31,7 | 28,9 | 32,0 | 30,2 | 33,4 | 34,8 | 34,3 | 37,7 | 36,7 | ↗5 |
| I ∩ L | 29,6 | 33,6 | 32,9 | 35,3 | 36,0 | 37,4 | 38,3 | 38,5 | 42,5 | ↗12,9 |
| L ∩ ac | 32,9 | 30,5 | 30,0 | 30,8 | 31,9 | 31,4 | 31,8 | 32,7 | 34,2 | ↗1,3 |
| ac ∩ br | 38,1 | 37,9 | 39,0 | 37,0 | 34,6 | 33,5 | 33,2 | 32,2 | 32,6 | ↘5,5 |
| br ∩ mf | 22,6 | 24,0 | 23,0 | 24,0 | 25,6 | 26,5 | 27,3 | 27,4 | 27,5 | ↗4,9 |
| mf ∩ na | 35,7 | 32,3 | 32,1 | 32,6 | 34,5 | 34,3 | 37,0 | 36,9 | 39,6 | ↗3,9 |
| na ∩ pr | 29,9 | 28,6 | 28,8 | 31,1 | 33,1 | 36,2 | 36,2 | 36,6 | 39,2 | ↗9,3 |
| pr ∩ id | 3,1 | 6,2 | 6,3 | 7,7 | 8,8 | 8,9 | 9,1 | 9,1 | 8,2 | ↗5,1 |
| id ∩ si | 10,2 | 9,6 | 11,7 | 11,7 | 13,0 | 12,5 | 12,3 | 13,0 | 12,4 | ↗2,2 |
| si ∩ go | 12,3 | 8,6 | 11,6 | 14,1 | 15,5 | 17,3 | 21,3 | 25,2 | 25,0 | ↗12,7 |
| ∩ occ.t. | 127,1 | 138,2 | 143,6 | 143,8 | 137,2 | 144,5 | 144,6 | 143,0 | 138,3 | ↗11,2 |
| ∩ par.t. | 71,0 | 68,4 | 69,0 | 67,8 | 66,5 | 64,9 | 65,0 | 64,9 | 66,8 | ↘4,2 |
| ∩ fr.t. | 58,3 | 56,3 | 55,1 | 56,6 | 60,1 | 60,8 | 64,3 | 64,3 | 67,1 | ↗8,8 |
| ∩ neur t. | 256,4 | 262,9 | 267,7 | 268,2 | 263,8 | 270,2 | 273,9 | 272,2 | 272,2 | ↗15,8 |
| ∩ splc t. | 55,5 | 53,0 | 58,4 | 64,6 | 70,4 | 74,9 | 78,9 | 83,9 | 84,8 | ↗29,3 |
| ∩ nc+spl | 311,9 | 315,9 | 326,1 | 332,8 | 334,2 | 345,1 | 352,8 | 356,1 | 357,0 | ↗45,1 |
| (∩ reliq.) | 48,1 | 44,1 | 33,9 | 27,2 | 25,8 | 14,9 | 7,2 | 3,9 | 3,0 | ↘45,1 |
| hiat (ac/I) | 62,5 | 64,1 | 62,9 | 66,1 | 67,9 | 68,8 | 70,1 | 71,2 | 77,0 | ↗14,5 |
| for/V | 21 | 19 | 17 | 13 | 8 | 10 | 10 | 10 | 10(à13) | ↘11 |
| Σ hia+for | 83,5 | 83,1 | 79,9 | 79,1 | 75,9 | 78,8 | 80,1 | 81,2 | 87(à90) | ↗3,5 |

| | rotation ontogénique des points de A à Ad |
|---|---|
| ba | ↻ 12,5 |
| op | ↻ 19,2 |
| I | ↻ 14,2 |
| L | ↻ 1,30 |
| br | ↻ 5,50 |
| mf | ↻ 0,60 |
| na | ↺ 3,30 |
| pr | ↺ 12,6 |
| id | ↺ 17,7 |
| si | ↺ 19,9 |
| go | ↺ 32,6 |

| | évolution du secteur de A à Ad | | |
|---|---|---|---|
| | ∩ en A | ∩ en Ad | diff. |
| ba ∩ op | 65,8 | 59,1 | ↘6,7 |
| op ∩ I | 31,7 | 36,7 | ↗5,0 |
| I ∩ L | 29,6 | 42,5 | ↗12,9 |
| L ∩ br | 71,0 | 66,8 | ↘4,2 |
| br ∩ mf | 22,6 | 27,5 | ↗4,9 |
| mf ∩ na | 35,7 | 39,6 | ↗3,9 |
| na ∩ pr | 29,9 | 39,2 | ↗9,3 |
| pr ∩ id | 3,1 | 8,2 | ↗5,1 |
| id ∩ si | 10,2 | 12,4 | ↗2,2 |
| si ∩ go | 12,3 | 25,0 | ↗12,7 |
| go ∩ ba | 48,1 | 3,0 | ↘45,1 |

VALEURS DES SECTEURS

Compte tenu des conventions adoptées pour le signe affecté aux ω, un secteur sera calculé à partir des valeurs **absolues** de ces angles, dans les conditions suivantes :

- si les 2 points délimitant le secteur se trouvent du même côté de l'horizontale, et en convenant que ω1 répond au point le plus antérieur des deux, faire ω1-ω2. Par exemple, chez l'adulte, secteur pariétal 122,6-55,8 = 66,8. Pour la zone symplysaire 122,9-110,5 = 12,4.

- si l'un des points (avec ω1) est au-dessus et l'autre (avec ω2) au dessous le l'horizontale:

-région rétro-vestibulaire : faire ω1+ω2
par exemple pour le paléo-occipital : 13,3+23,4 = 36,7

-région anté-vestibulaire : faire 360 - (ω1+ω2)
par exemple pour le frontal : 360 - (122,6+170,3) = 67,1

ÉVOLUTION DES SECTEURS

Pour connaitre, par exemple, quelle est l'évolution ontogénique, de la naissance à l'adulte (Ad), du secteur si ∩ go répondant à la branche ramale de la mandibule, le raisonnement est le suivant : le si recule (rotation négative) de 129,1-110,5 = 18,6° et le go de 117,5-85,5 = 32,0° ; le secteur s'est donc agrandi de 32-18,6 = 13,4°. En effet, il valait, à la naissance : 129,1-117,5 = 11,6° et vaut 110,5-85,5 = 25° chez l'adulte; il s'est donc bien **accru** de 25-11,6 = 13,4°et, en ontre, il a **reculé** .(Cette valeur d'évolution 13,4 peut donc s'obtenir à partir du mouvement des rayons ou en calculant la valeur du secteur au début et à la fin de l'intervalle de temps).

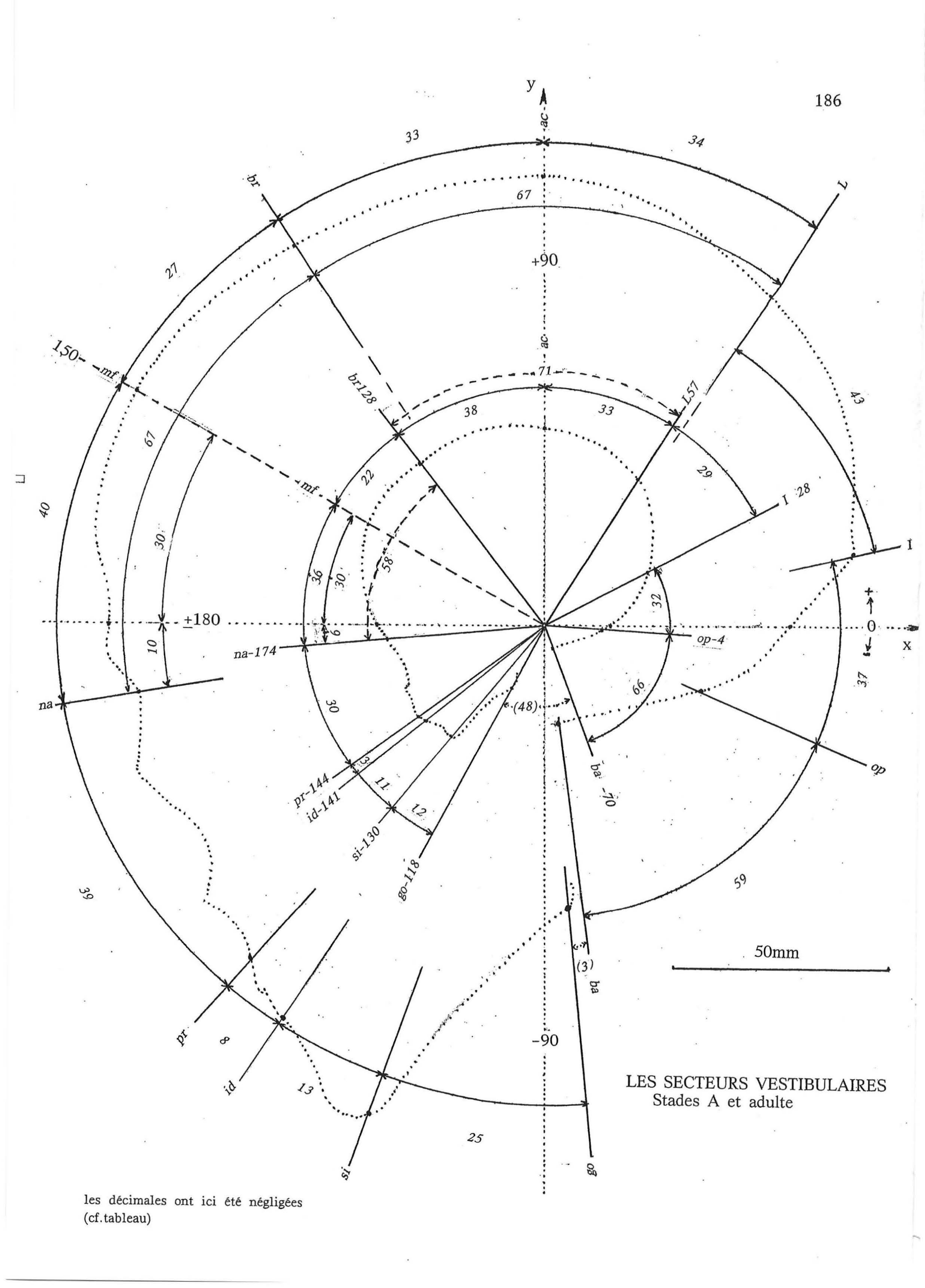
Lorsqu'un os voit l'arc de sa périphérie s'agrandir, il refoule les os qui sont à son contact, lesquels peuvent aussi s'agrandir...,etc. Cela explique que la totalité angulaire soit de 312° chez le fœtus de 5 mois (stade A) et atteigne 357°chez l'adulte. Le reliquat de 48° (angle ouvert en bas entre le neuro. et le splanchno-crâne) en A, s'est pratiquement comblé et a été ramené à 3° chez l'adulte. L'action conjuguée neuro-splanchnocranienne en est responsable.

Entre les 2 tendances rotatoires: positive et négative, existe sur le frontal sagittal , une zone "neutre" au point mf. Ce point évolue ontogénétiquement en ligne droite, située à ω=150. Au dessus et en arrière de mf, tous les secteurs augmentent vers l'arrière puis vers le bas (rotation positive), tandis qu'au dessous de mf, y compris pour le nasion, les secteurs augmentent aussi vers l'arrière, mais la rotation est inverse (négative).

Bien entendu, les points pv, rv et ac se trouvant, par définition, sur les axes de référence, sont angulairement immobiles; mais ils ont leur utilité pour juger de l'ampleur de la rotation des points voisins. On notera par exemple, que l'arc pariétal pré-vestibulaire (de br à ac) est plus étendu que l'arc pariétal rétro-vestibulaire (de ac à L), dans les stades jeunes; puis les 2 arcs vont s'équilibrer (vers 33°de chaque côté de ac). De plus, par suite du mouvement différentiel du nasion et du bregma, le recul angulaire de ces 2 points va faire en sorte que la totalité de l'arc frontal deviendra égale, chez l'adulte, à la totalité de l'arc pariétal (67°).

Notons enfin que le rayon du basion est peu variable durant la croissance, et que le "gain angulaire" acquis par le neurocrâne est largement amorti par une perte correspondante dans le secteur foraminien.

L'un des rayons sagittaux étudiés présente un intérêt particulier, c'est celui qui se rend à l'inion. Dès les premières recherches en orientation vestibulaire, concernant aussi bien la plylogénèse que l'ontogénèse, il a servi de limite inférieure à l'angle "hiatique" (dont l'autre côté répond à la partie supérieure de l'axe vertical). La valeur de cet angle a été rappelée dans




les décimales ont ici été négligées
(cf.tableau)

déplacement angulaire
des points (→ ou ←)
durant l'ontogénèse, de A à Ad
et évolution (Δ) des arcs

un tableau. Le rayon "centro-iniaque" est l'une des représentations classiques du bord supérieur de la loge cérébelleuse (exocranienne), laquelle "bascule" en fonction des progrès de la station érigée. La direction foraminienne , par son angle foraminien (for/V) est un autre témoin de ce même phénomène. Le parallélisme de l'évolution de ces 2 éléments est mis en évidence par la somme (Σ) des angles hiatique et foraminien. Elle tend vers 90° chez l'Homme adulte, après avoir été un peu inférieure (d'une dizaine de degrés) chez les plus jeunes.

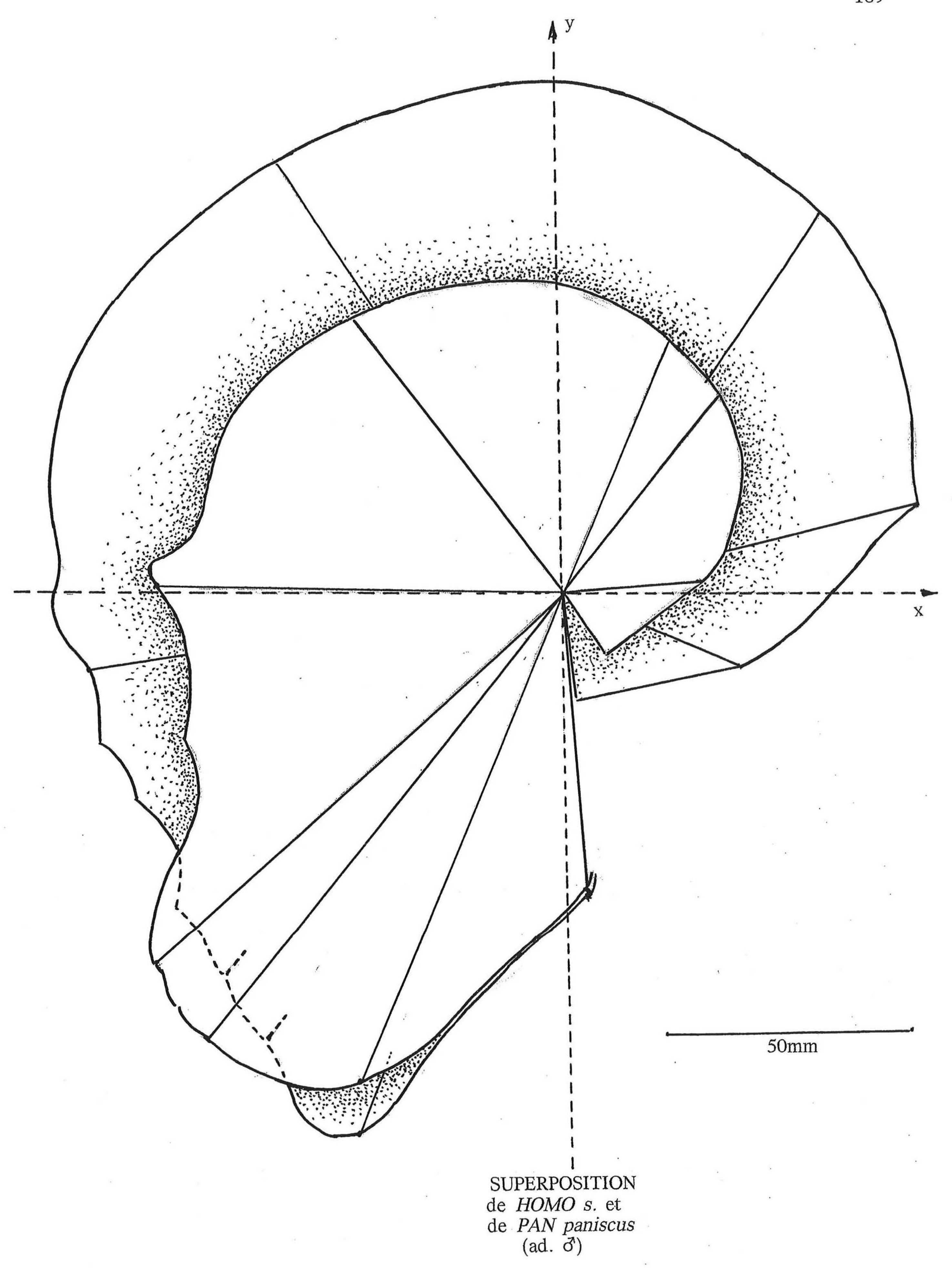
SECTEURS LATÉRAUX

Rien n'empèche d'effectuer le même genre de recherches que les précédentes, sur des points latéraux, mais uniquement pour compléter la connaissance des modifications angulaires (de forme et de position) de certains os. Nous l'avons fait pour le frontal et pour le pariétal, en calculant les coordonnées polaires du ptérion (pt) et de l'astérion (ast). L'iconographie obtenue montre bien, d'une part le mouvement divergent de rotation du na et du br par rapport au rayon mf immobile, et d'autre part l'équilibrage des portions pariétales anté- et rétro-vestibulaires.

APERÇU PHYLOGÉNIQUE

Enfin, à titre comparatif, un essai de superposition des secteurs angulaires a été fait entre l'homme adulte et le chimpanzé *Pan paniscus* adulte ♂. On retrouve chez ce dernier, un développement du secteur frontal de chaque côté du point mf. L'arc pariétal rétro-vestibulaire est moindre, et le néo-occipital est très réduit. Quant à la face, les différences portent plutôt sur les $\rho$ que sur les $\omega$.

Cette dernière figure conforte les premières observations faites par nous, dans les années 50, où l'une des communes mesures utilisées lors de comparaisons phylogéniques inter-spécifiques, était basée sur la position d'un point "frontal de flexion" (ff), situé à 30°en avant et au dessus de l'horizontale vestibulaire. Ce ff est exactement le même point que le mf (à : 180 - 150 = 30°).




SUPERPOSITION
de *HOMO s.* et
de *PAN paniscus*
(ad. ♂)

# TRIANGULATION ENVELOPPANTE DU SQUELETTE CÉPHALIQUE

La superficie de la **périphérie** du squelette cranio-facial, dans l'espace tridimensionnel ne peut être mesurée de façon directe. Afin d'en avoir une idée approchée, nous l'avons abordée par le biais de la construction de triangles à partir de points craniométriques dont les coordonnées "vestibulaires" sont connues. Les calculs seront faits d'un seul côté, la symétrie bilatérale étant supposée réalisée. Sur les 87 points ayant retenu, jusqu'ici, notre attention, 53 seront utilisés comme sommets des triangles. Une continuité spatiale des aires est obtenue par la communauté des côtés de triangles adjacents. Cela explique que, sur les 71 triangles considérés, pour chaque stade ontogénique, il suffira de connaître la valeur de 130 segments de droites. Ils serviront alors au calcul de la surface de chacun de ces 71 triangles (repérés par leur numérotation). La séquence des segments est explicitée par les figures (effectuées sur le stade E), avec projection sur chacun des 3 plans de référence, ainsi que par les abréviations des points limitant les côtés des triangles.

Ces figures sont au nombre de 8, correspondant à 8 zones qui se complètent. Elles sont caractérisées par 3 lettres :
- -zone FAL = massif facial antéro-latéral (triangles numérotés de 1 à 10)
- -zone FPI = massif facial postéro-inférieur (de 11 à 21)
- -zone EBR = base exocranienne rétro-faciale (de 22 à 31)
- -zone ELP = base exocranienne latéro-postérieure (de 32 à 38)
- -zone ENA = partie antérieure de la base **endo**cranienne (de 39 à 49)
- -zone POM = positionnement mandibulaire par rapport à l'ensemble cranio-facial (de 50 à 54)
- -zone MAN = mandibule (de 55 à 61)
- -zone VTE = voûte cranienne (de 61 à 71)

Les résultats sont apportés par deux séries de tableaux:
La **première** série apporte (comme on l'expliquera plus loin), pour chacun des 9 stades ontogéniques (de A à Ad), et en millimètres, la valeur des **côtés** des triangles dont le numéro est précisé, ainsi que la zone d'appartenance. Ces segments, limités par 2 points, et dont le nombre est théoriquement de 3 par triangle, peuvent, dans les tableaux, être en nombre moindre pour éviter la répétition d'un côté commun (déjà calculé).

La séquence des valeurs lues sur les lignes de ces tableaux répond à la croissance des segments.

La **seconde** série de tableaux apporte, pour chaque triangle, la croissance de sa **surface**, exprimée en centimètres carrés. Il convient de procéder comme suit : exemple au stade E, pour un triangle (ne faisant pas partie des 71 cités), compris entre le point maxillo-malaire inférieur (mmi), le zygomatique maximum (zm) et le ptérion (pt). Leurs coordonnées sont :

| | | | |
|---|---|---|---|
| pour mmi | x = -45 | y = -32 | z = +35 |
| pour zm | x = -32 | y = -13 | z = +47 |
| pour pt | x = -46 | y = +13 | z = +48 |

pt⇔zm = racine de : $(-46--32)^2 + (+13--14)^2 + (+48-47)^2 = 29{,}55$
On trouve, de la même manière : zm⇔mmi = 25,96 et pt⇔mmi = 46,85
Le demi-périmètre du triangle est : ½(29,55+25,96+46,85) = 51,18
On calcule ensuite : 51,18 - 29,55 = 21,63
51,18 - 25,96 = 25,22
51,18 - 46,85 = 4,33
puis, la racine du produit : 51,18 × 21,63 × 25,22 × 4,33 , ce qui donne la surface du triangle = 347,69 mm², soit 3,48 cm²

La figure 205 montre, avec 2 exemples (triangles N°5 et 63 projetés sur les 3 plans de référence) comment se fait leur ontogénèse : forme, grandeur et position.

Il est encore d'un certain intérêt de connaître la somme des surfaces des triangles d'une

zone, pour chaque stade ontogénique. Cela a été calculé dans le tableau 206 où l'on trouve aussi le rapport entre cette somme, chez l'adulte et celle du fœtus de 5 mois (stade A). On voit par exemple que la surface est devenue 13,2 fois plus grande pour la mandibule, et 5,5 fois seulement pour la voûte cranienne.

Autre regroupement : l'ensemble du splanchnocrâne périphérique (FAL + FPI + EBR + EPL + MAN) comparé à la voûte (VTE), avec des valeurs (unilatérales) respectives de 207 et 177 $cm^2$ chez l'adulte, mais de 24 et 32 $cm^2$ chez le fœtus de 5 mois. La figure 208 montre que le neurocrâne exocranien est d'abord très "en avance" sur le splanchnocrâne, puis **l'inverse** se produit à partir de 14 ans environ (stade G).

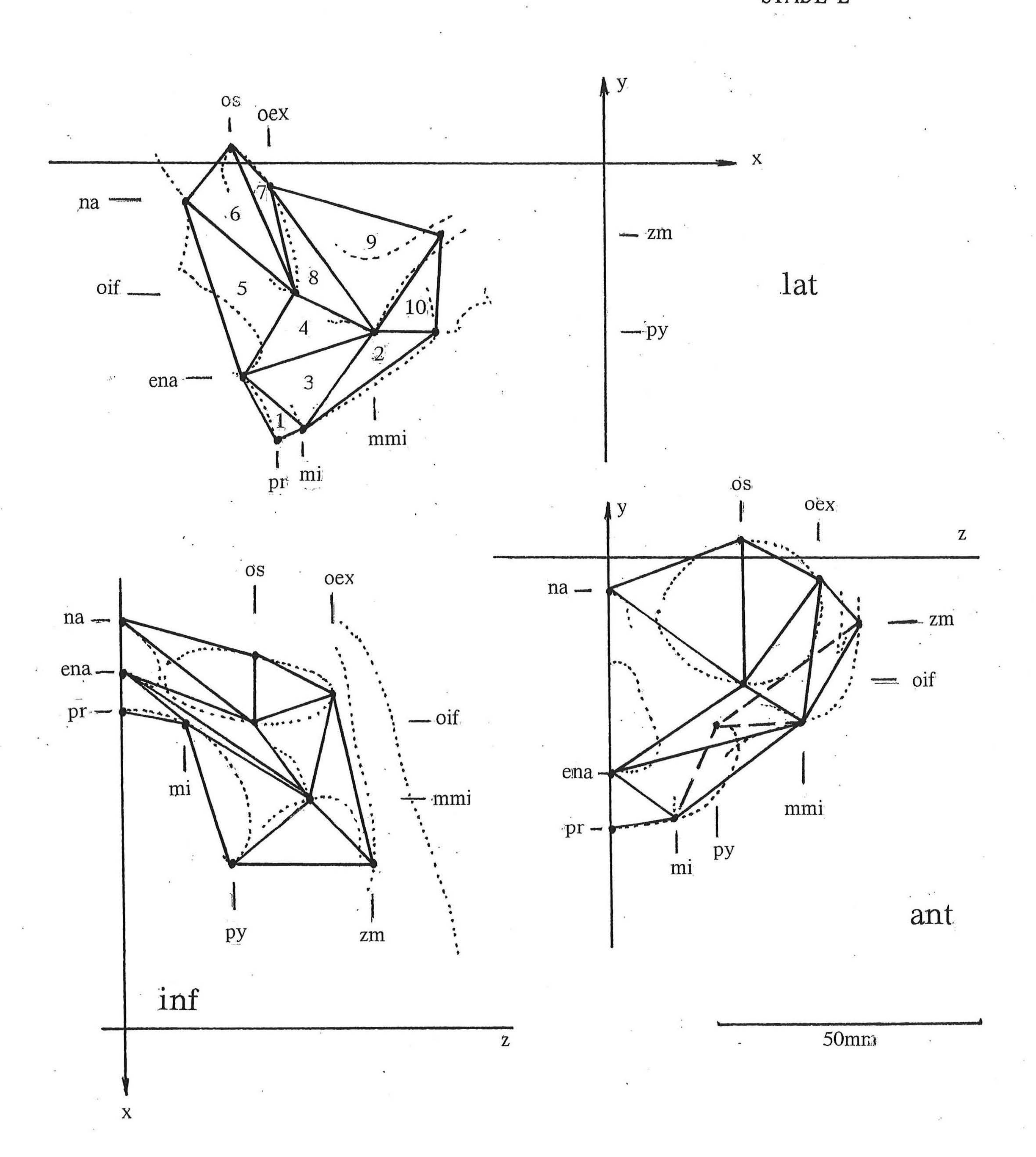
N.B. - dans le dernier calcul on n'a pas fait intervenir l'endocrâne (ENA) ni les rapports mandibulo-craniens (POM).

Bien entendu, il aurait été possible, au départ, de choisir d'autres points, pour construire d'autres triangles, ou encore de compléter ceux déjà pris ici en considération, en les scindant en plusieurs parties, afin de tenter d'approcher davantage la réalité dont on ne peut, de toute façon, qu'apporter une idée globale.

Enfin, signalons encore que, connaissant la valeur des 3 côtés d'un triangle, il serait facile de calculer les 3 angles de celui-ci. Il ne nous a pas paru nécessaire de le faire, de façon systématique, mais cela pourrait être repris éventuellement par endroits.

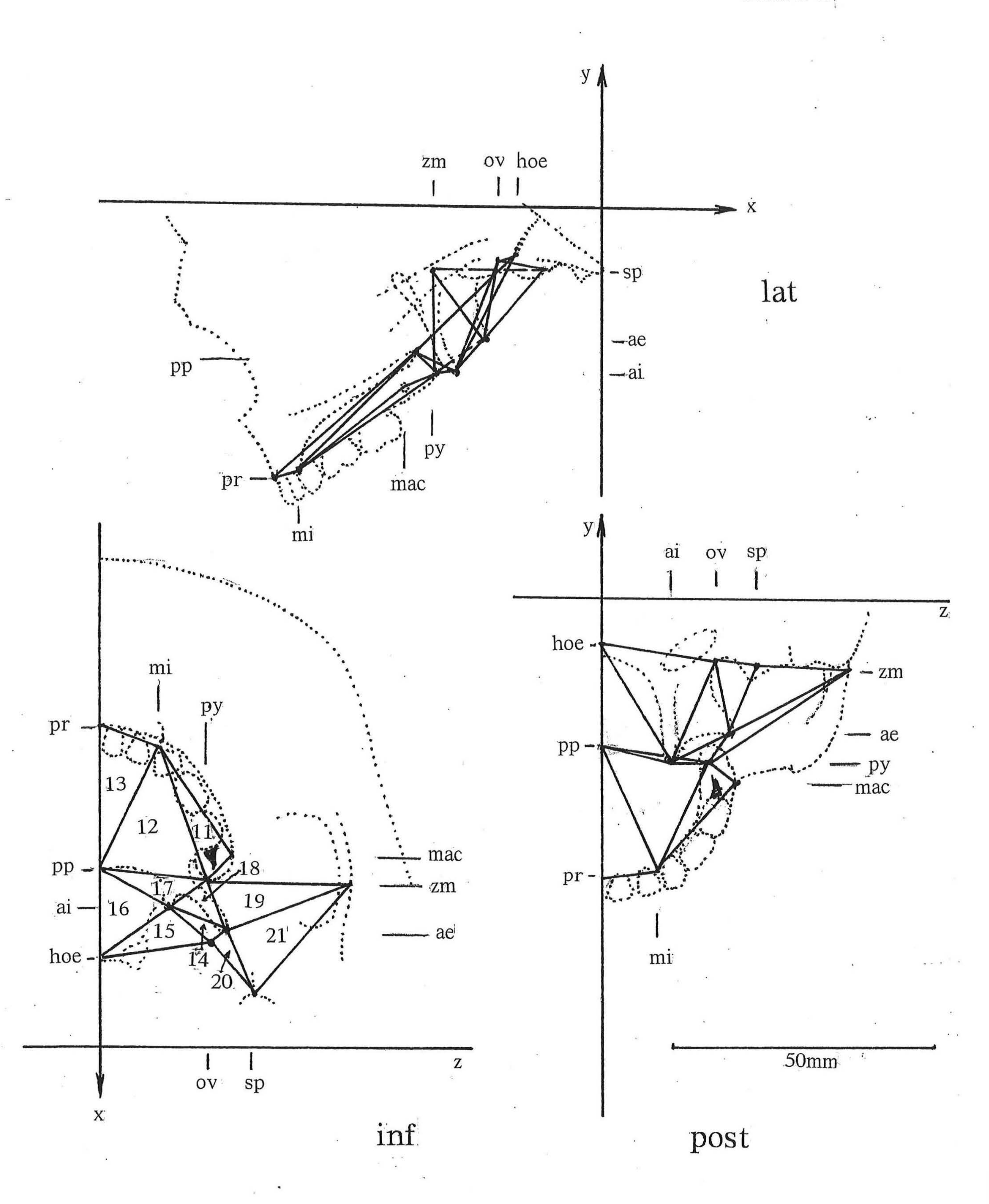
massif facial antéro-latéral

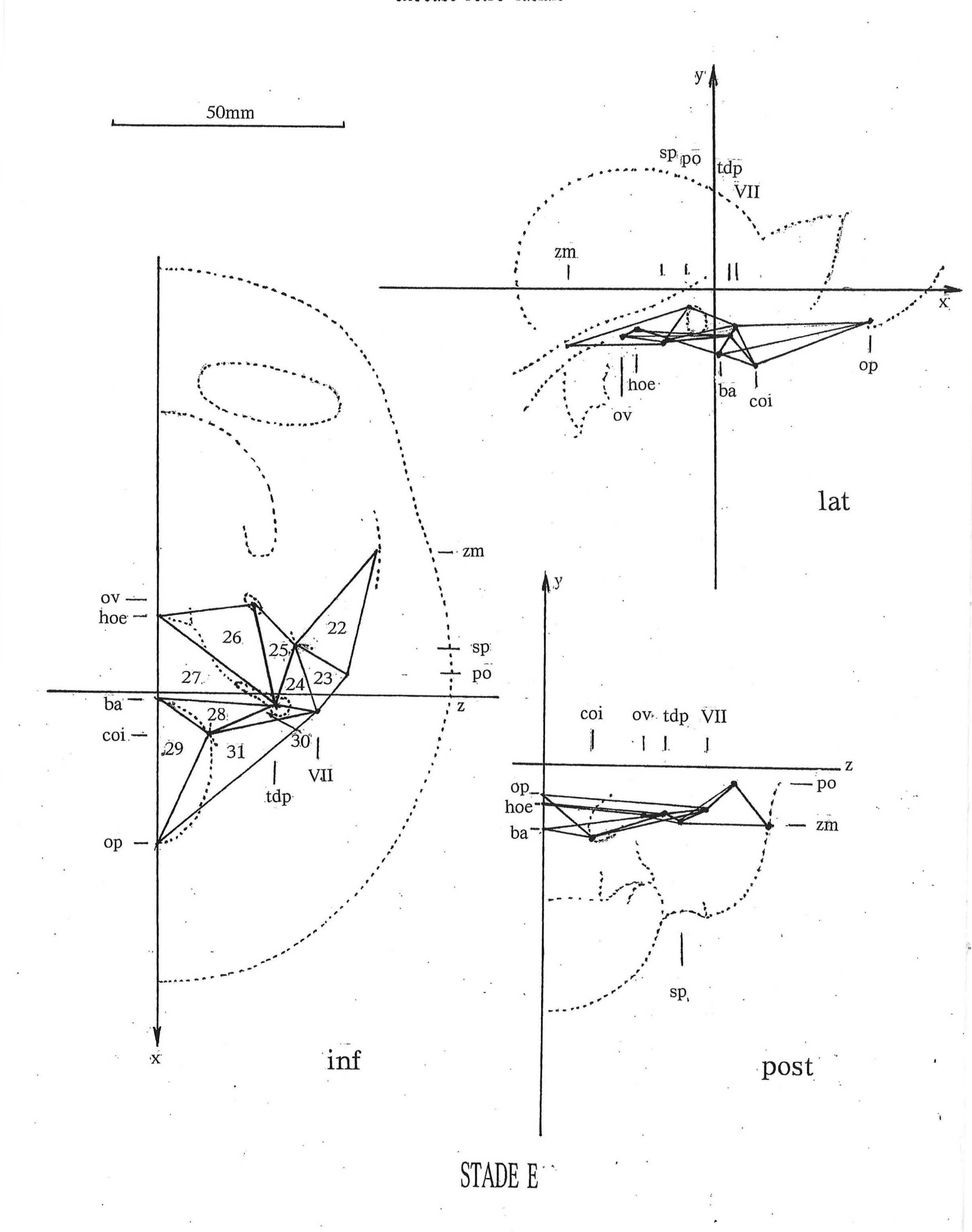
STADE E



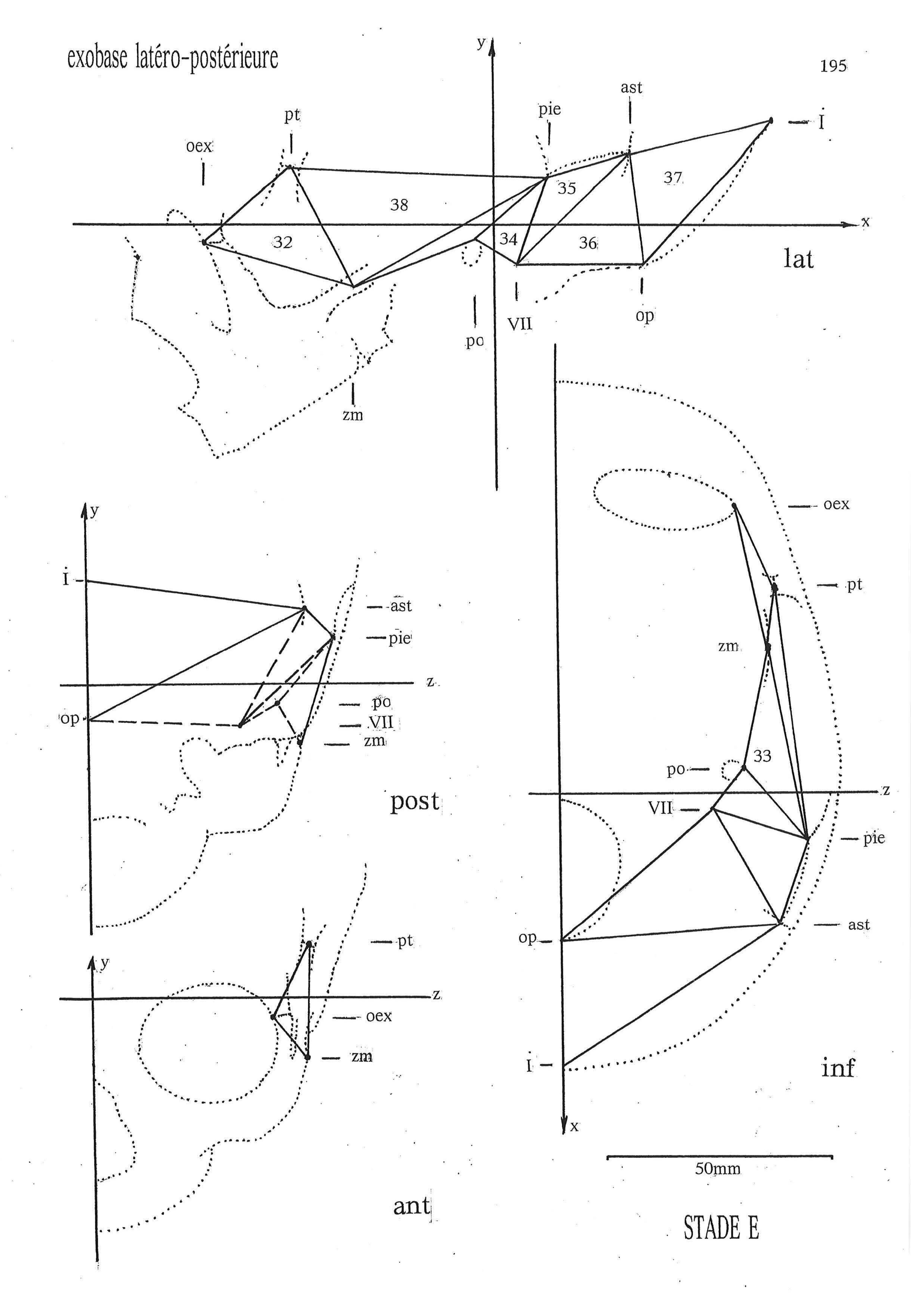
massif facial postéro-inférieur

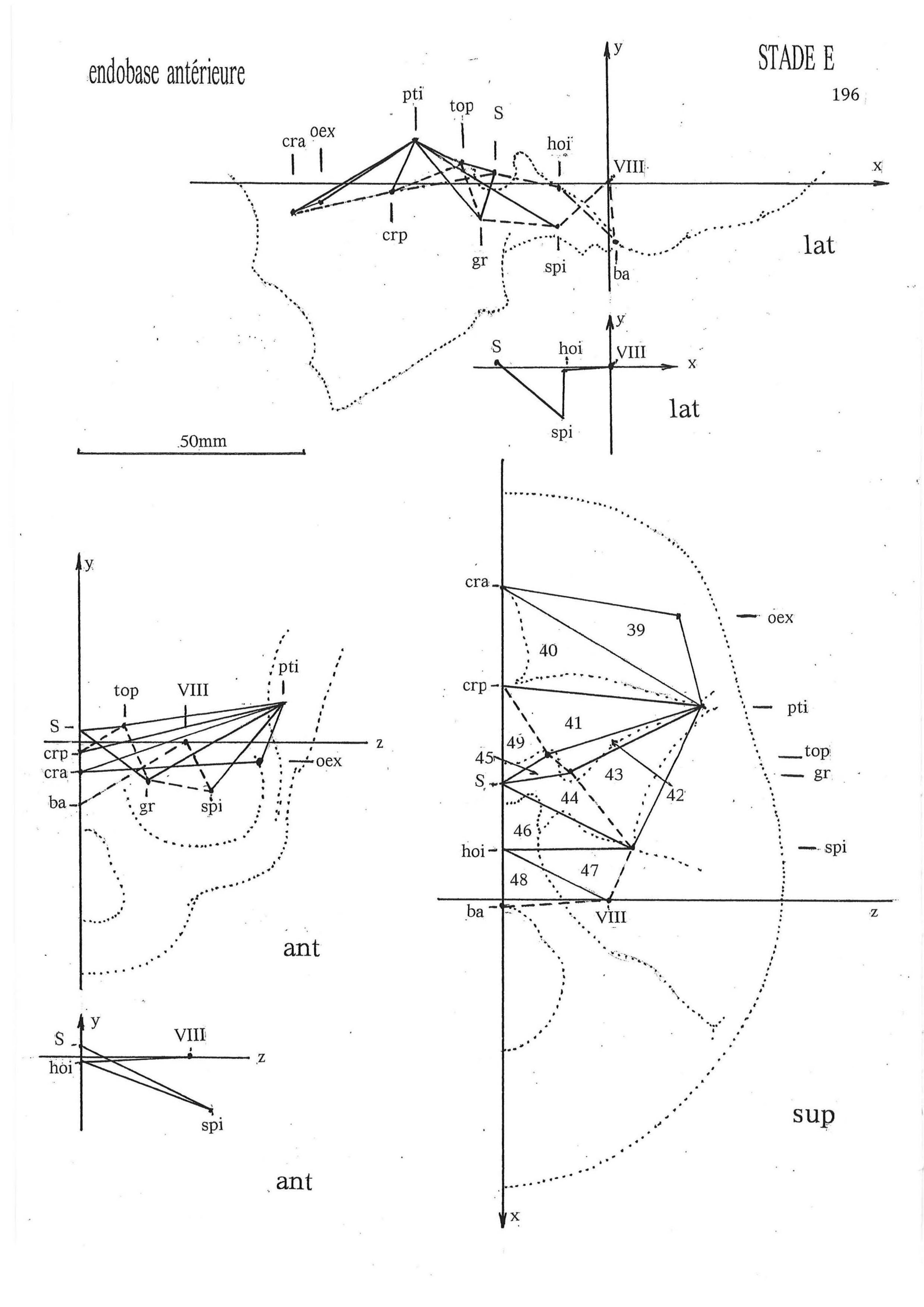
STADE E




50mm
y
sp po
tdp
VII
zm
x
hoe
ov
ba
coi
op
lat
zm
ov
hoe
26
22
25
24
23
27
sp
po
ba
28
z
coi
29
31
30
VII
tdp
op
x
inf
y
coi
ov
tdp
VII
z
op
hoe
ba
po
zm
sp
post

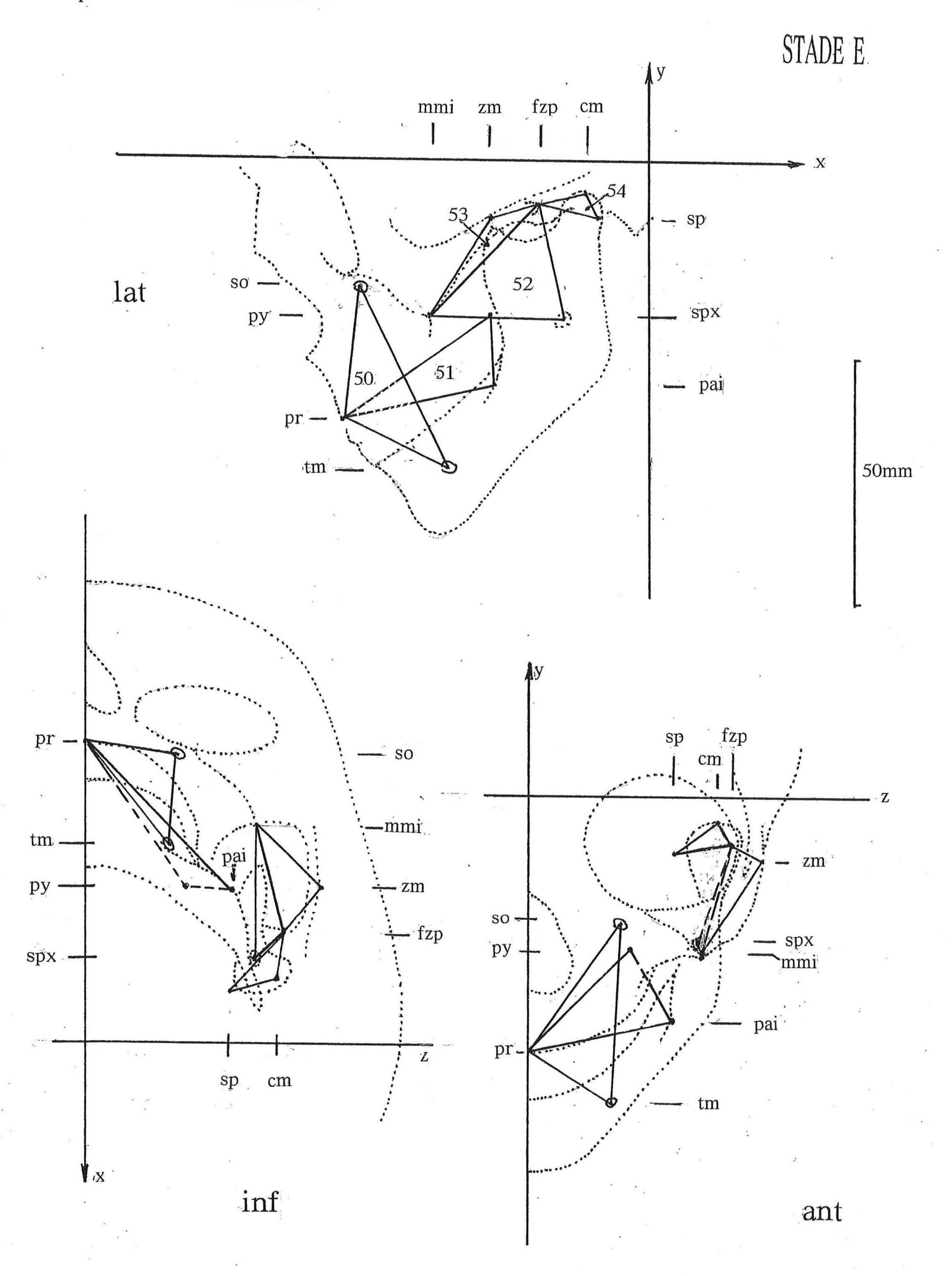
STADE E


exobase latéro-postérieure
y
ast
pie
pt
oex
I
37
35
38
32
34
36
x
lat
VII
op
po
zm
y
I
ast
pie
z
op
po
VII
zm
post
y
pt
z
oex
zm
ant
oex
pt
zm
33
po
VII
z
pie
ast
op
I
x
inf
50mm
STADE E



endobase antérieure
STADE E
196
pti
top
S
cra
oex
hoi
VIII
x
y
crp
gr
spi
ba
lat
S
hoi
VIII
x
y
spi
lat
50mm
y
pti
top
VIII
S
z
crp
oex
cra
ba
gr
spi
ant
y
S
VIII
z
hoi
spi
ant
cra
oex
39
40
crp
pti
41
49
top
45
gr
43
S
44
42
46
hoi
spi
47
48
ba
VIII
z
sup
x

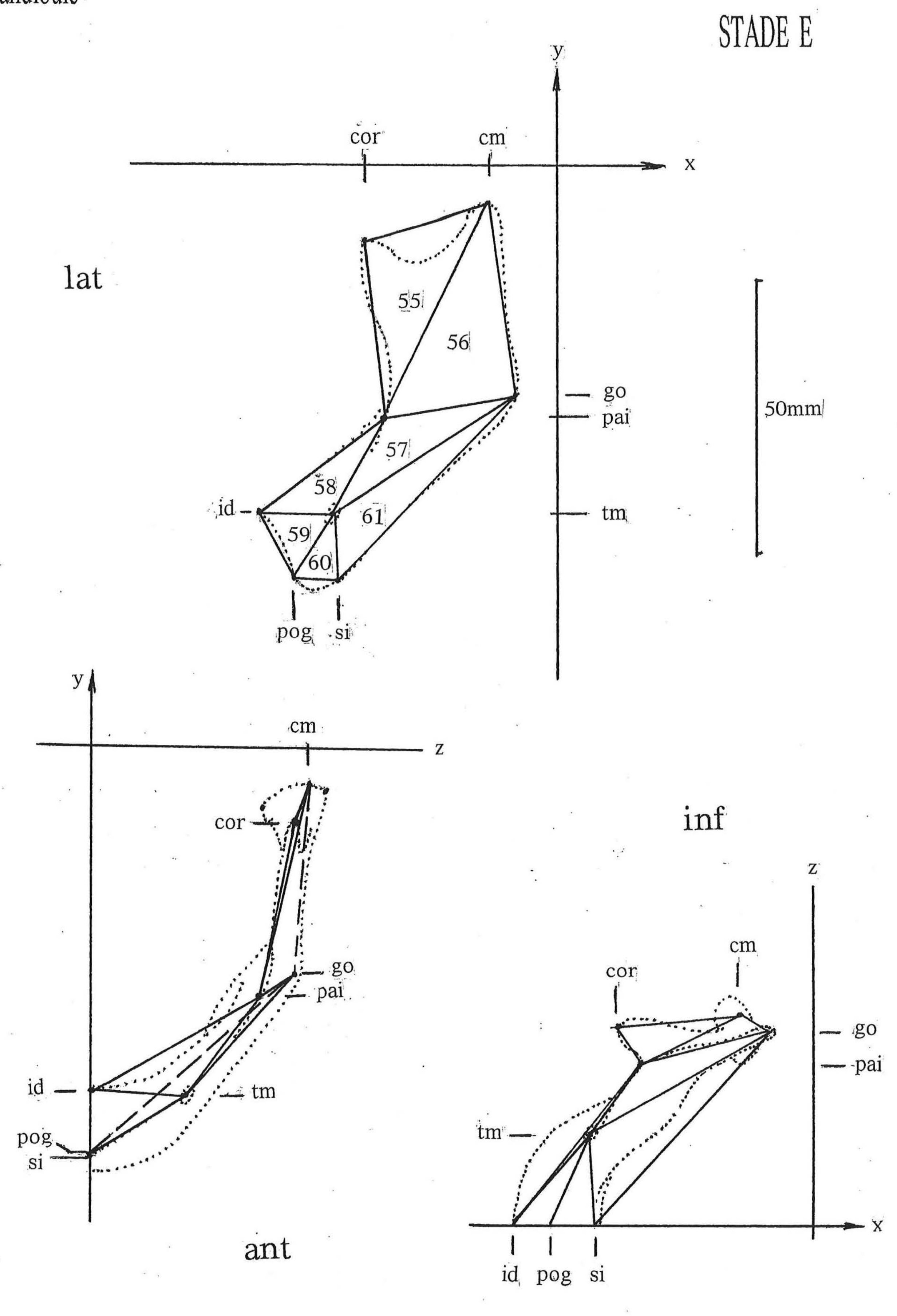
STADE E

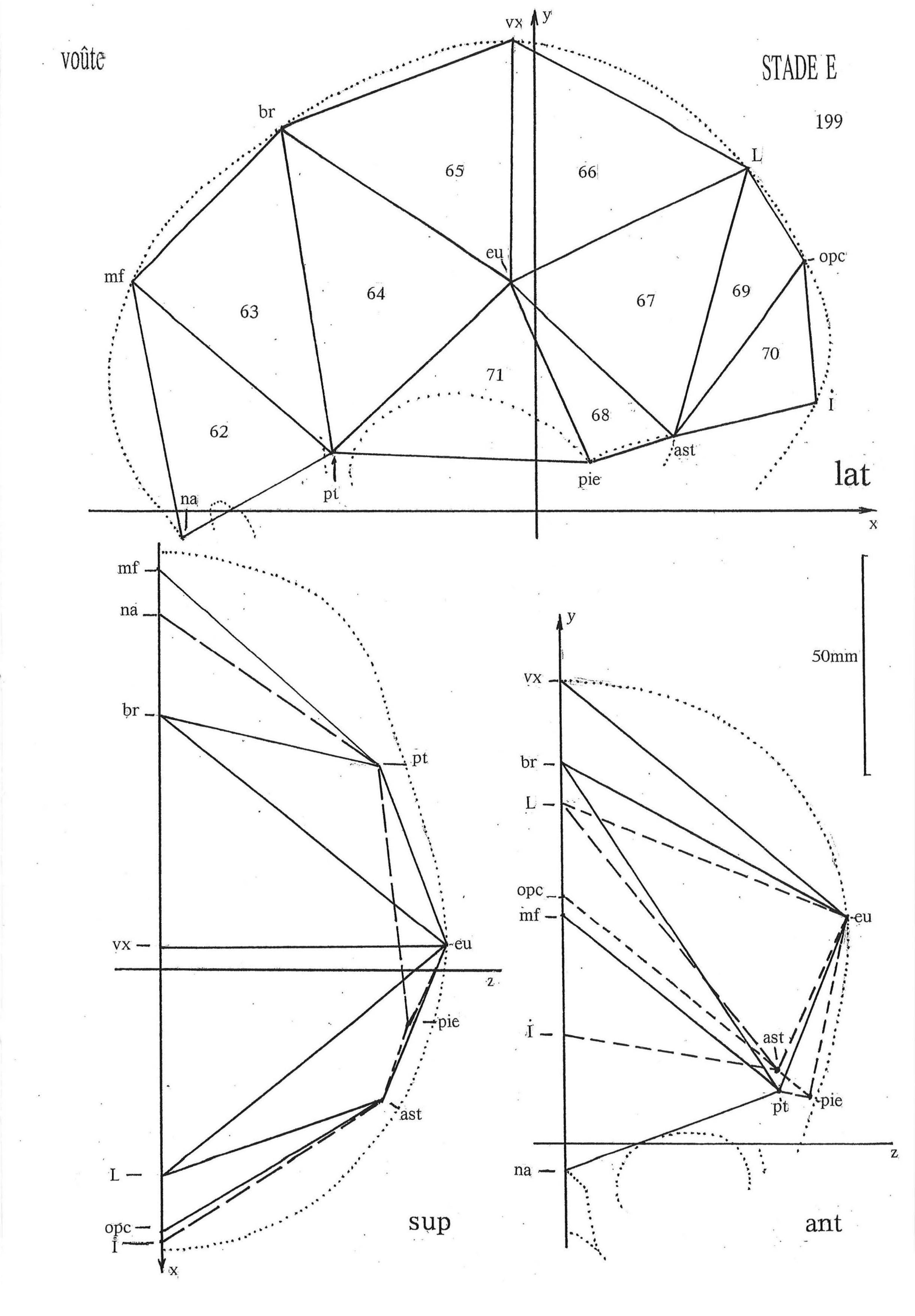


y
mmi
zm
fzp
cm
x
54
53
sp
52
lat
so
py
spx
50
51
pai
pr
tm
50mm
y
pr
so
mmi
tm
pai
py
zm
spx
fzp
sp
cm
z
x
inf
sp
fzp
cm
z
zm
so
spx
py
mmi
pai
pr
tm
ant

mandibule

STADE E




voûte
STADE E
199
vx
y
br
L
65
66
eu
opc
mf
63
64
67
69
70
71
I
62
68
ast
pt
pie
lat
na
x
mf
na
br
pt
vx
eu
z
pie
ast
L
opc
I
x
sup
y
vx
50mm
br
L
opc
mf
eu
I
ast
pt
pie
z
na
ant

| zone | trian. | segment | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| FAL | 1 | pr-ena | 5,7 | 6,3 | 7,2 | 10,0 | 12,2 | 14,4 | 17,0 | 16,1 | 15,2 |
| | | pr-mi | 5,5 | 8,1 | 8,5 | 9,9 | 12,7 | 12,2 | 13,0 | 13,5 | 15,2 |
| | | mi-ena | 8,4 | 10,5 | 12,2 | 15,2 | 16,4 | 20,3 | 20,8 | 22,8 | 22,4 |
| | 2 | mi-mmi | 17,2 | 21,8 | 23,9 | 25,4 | 27,4 | 33,5 | 37,4 | 37,0 | 36,9 |
| | | mmi-py | 8,8 | 12,4 | 15,0 | 16,7 | 19,9 | 20,1 | 23,7 | 26,1 | 34,6 |
| | | mi-py | 16,8 | 22,4 | 24,1 | 24,9 | 28,1 | 33,3 | 38,0 | 40,4 | 44,8 |
| | 3 | ena-mmi | 23,8 | 29,0 | 32,4 | 35,7 | 40,1 | 43,9 | 46,6 | 46,8 | 48,8 |
| | 4 | mmi-oif | 9,7 | 13,1 | 13,6 | 15,7 | 19,3 | 19,4 | 20,9 | 21,7 | 22,7 |
| | | ena-oif | 15,9 | 19,3 | 21,7 | 23,3 | 26,4 | 31,3 | 34,2 | 36,1 | 42,2 |
| | 5 | na-ena | 14,1 | 20,3 | 21,4 | 24,7 | 30,1 | 36,4 | 38,3 | 41,5 | 53,2 |
| | | na-oif | 17,7 | 22,9 | 25,7 | 28,7 | 31,9 | 37,2 | 37,6 | 40,0 | 43,9 |
| | 6 | na-os | 13,9 | 18,3 | 19,9 | 22,4 | 24,9 | 27,8 | 31,0 | 31,8 | 34,5 |
| | | os-oif | 13,4 | 17,9 | 23,3 | 24,4 | 30,1 | 30,5 | 32,9 | 33,2 | 39,9 |
| | 7 | os-oex | 11,6 | 16,6 | 17,5 | 17,8 | 17,8 | 17,9 | 18,9 | 19,2 | 23,4 |
| | | oif-oex | 13,5 | 16,6 | 18,9 | 21,7 | 24,7 | 26,3 | 28,0 | 28,5 | 30,6 |
| | 8 | oex-mmi | 15,0 | 17,7 | 20,2 | 24,0 | 30,5 | 34,8 | 37,0 | 40,3 | 43,1 |
| | 9 | oex-zm | 14,4 | 17,2 | 19,8 | 24,0 | 31,1 | 34,9 | 38,3 | 41,1 | 42,9 |
| | | mmi-zm | 9,9 | 13,9 | 17,8 | 21,0 | 24,9 | 26,0 | 29,8 | 33,8 | 42,8 |
| | 10 | zm-py | 13,6 | 18,4 | 22,0 | 25,6 | 29,2 | 33,0 | 39,9 | 43,2 | 52,8 |
| FPI | 11 | mi-mac | 16,0 | 20,2 | 22,3 | 22,4 | 24,3 | 29,5 | 32,3 | 33,8 | 34,1 |
| | | mac-py | 1,7 | 4,4 | 5,2 | 5,4 | 7,1 | 7,4 | 10,4 | 12,2 | 18,2 |
| | 12 | mi-pp | 15,0 | 21,7 | 23,7 | 25,4 | 27,8 | 34,4 | 38,0 | 40,9 | 45,4 |
| | | pp-py | 12,5 | 13,5 | 15,3 | 17,3 | 18,4 | 20,6 | 22,2 | 23,0 | 26,0 |
| | 13 | pp-pr | 16,3 | 24,2 | 25,6 | 26,4 | 33,0 | 36,8 | 41,0 | 42,6 | 48,8 |
| | 14 | ov-ae | 8,6 | 9,0 | 10,9 | 11,2 | 13,9 | 15,6 | 22,3 | 27,1 | 27,2 |
| | | ov-ai | 10,9 | 14,2 | 14,6 | 16,8 | 21,3 | 23,9 | 27,7 | 30,4 | 34,8 |
| | | ae-ai | 3,7 | 7,6 | 8,0 | 10,3 | 11,4 | 11,5 | 12,2 | 12,8 | 13,5 |
| | 15 | ov-hoe | 10,1 | 13,0 | 17,1 | 18,4 | 19,3 | 21,3 | 22,0 | 23,1 | 24,1 |
| | | hoe-ai | 13,0 | 16,8 | 17,9 | 21,2 | 26,2 | 28,6 | 30,1 | 31,5 | 36,4 |
| | 16 | ai-pp | 10,4 | 11,2 | 11,6 | 13,2 | 14,2 | 15,3 | 17,5 | 17,9 | 19,2 |
| | | pp-hoe | 12,5 | 17,0 | 18,0 | 22,1 | 23,7 | 26,2 | 26,4 | 27,2 | 30,1 |
| | 17 | ai-py | 5,1 | 5,2 | 6,4 | 7,0 | 7,2 | 7,3 | 7,5 | 7,8 | 8,1 |
| | 18 | ae-py | 4,2 | 5,9 | 7,7 | 8,8 | 9,0 | 9,4 | 10,4 | 11,5 | 13,3 |
| | 19 | zm-ae | 14,9 | 15,8 | 19,8 | 22,7 | 25,2 | 27,9 | 34,4 | 39,9 | 44,0 |
| | | zm-py | 13,6 | 18,4 | 22,0 | 25,6 | 29,2 | 33,0 | 39,9 | 43,2 | 52,8 |
| | 20 | sp-ae | 8,8 | 12,8 | 13,9 | 16,0 | 18,7 | 19,4 | 24,8 | 28,6 | 29,1 |
| | | sp-ov | 4,4 | 7,1 | 7,8 | 10,3 | 12,0 | 12,5 | 13,5 | 15,0 | 18,5 |
| | 21 | sp-zm | 14,5 | 17,5 | 19,2 | 23,1 | 24,2 | 28,1 | 30,4 | 34,1 | 36,3 |

COTÉS DES TRIANGLES

| zone | trian. | segment | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| EBR | 22 | sp-po | 4,1 | 6,7 | 8,8 | 11,7 | 12,7 | 15,4 | 19,6 | 21,9 | 22,3 |
| | | po-zm | 15,1 | 20,0 | 21,5 | 24,5 | 25,5 | 29,1 | 30,5 | 33,6 | 34,7 |
| | 23 | po-VII | 5,6 | 6,9 | 8,0 | 8,3 | 10,8 | 12,2 | 14,7 | 15,8 | 16,6 |
| | | sp-VII | 7,6 | 10,7 | 11,8 | 14,4 | 14,5 | 15,8 | 16,5 | 16,9 | 17,0 |
| | 24 | sp-tdp | 8,1 | 10,9 | 12,5 | 13,0 | 13,9 | 14,6 | 15,6 | 16,1 | 17,2 |
| | | tdp-VII | 4,0 | 5,0 | 8,1 | 9,6 | 9,7 | 10,1 | 10,1 | 11,1 | 12,0 |
| | 25 | ov-tdp | 9,1 | 13,7 | 16,0 | 19,6 | 21,4 | 23,8 | 25,6 | 27,4 | 30,1 |
| | 26 | tdp-hoe | 13,6 | 19,5 | 22,0 | 25,6 | 29,3 | 32,4 | 36,6 | 40,1 | 42,7 |
| | 27 | tdp-ba | 11,1 | 15,1 | 17,1 | 20,2 | 23,2 | 25,4 | 28,1 | 30,7 | 33,6 |
| | | ba-hoe | 9,0 | 12,6 | 13,1 | 14,7 | 16,5 | 18,7 | 21,2 | 24,2 | 26,7 |
| | 28 | coi-tdp | 7,2 | 8,9 | 9,9 | 12,2 | 14,2 | 16,5 | 21,0 | 22,9 | 26,8 |
| | | coi-ba | 5,9 | 7,8 | 9,4 | 10,6 | 11,8 | 13,4 | 16,0 | 16,7 | 18,7 |
| | 29 | ba-op | 12,4 | 18,7 | 23,1 | 27,1 | 29,6 | 32,6 | 34,7 | 34,7 | 34,7 |
| | | coi-op | 10,6 | 16,8 | 20,0 | 24,1 | 26,3 | 27,4 | 28,7 | 29,4 | 29,8 |
| | 30 | coi-VII | 10,8 | 13,4 | 17,5 | 23,6 | 23,9 | 25,5 | 29,5 | 31,9 | 36,2 |
| | 31 | op-VII | 19,9 | 26,6 | 32,6 | 40,3 | 42,4 | 45,1 | 48,3 | 51,2 | 54,4 |
| ELP | 32 | pt-oex | 10,7 | 14,3 | 14,7 | 18,7 | 23,7 | 26,7 | 30,8 | 34,4 | 40,3 |
| | | pt-zm | 14,8 | 17,7 | 18,4 | 21,0 | 26,5 | 29,6 | 32,7 | 36,0 | 40,9 |
| | 33 | po-pie | 14,8 | 18,6 | 19,1 | 20,6 | 24,3 | 26,6 | 27,0 | 27,8 | 32,9 |
| | | pie-zm | 23,4 | 31,8 | 34,8 | 40,3 | 45,0 | 50,8 | 54,5 | 58,9 | 65,2 |
| | 34 | pie-VII | 15,7 | 19,8 | 21,1 | 21,8 | 26,6 | 29,7 | 31,7 | 33,1 | 36,6 |
| | 35 | ast-pie | 10,0 | 12,1 | 15,4 | 17,1 | 19,0 | 20,2 | 20,8 | 22,1 | 22,1 |
| | | ast-VII | 18,2 | 21,9 | 27,4 | 31,4 | 36,0 | 39,2 | 42,3 | 44,1 | 48,5 |
| | 36 | ast-op | 23,1 | 30,9 | 37,8 | 43,6 | 50,2 | 54,2 | 57,5 | 59,6 | 66,1 |
| | 37 | ast-I | 25,2 | 36,9 | 43,1 | 49,7 | 55,8 | 58,1 | 59,7 | 59,9 | 65,0 |
| | | op-I | 18,1 | 26,2 | 31,2 | 36,1 | 41,7 | 42,8 | 43,2 | 43,6 | 48,1 |
| | 38 | pt-pie | 24,0 | 34,1 | 38,5 | 44,1 | 52,4 | 58,5 | 62,2 | 64,3 | 69,4 |
| ENA | 39 | cra-oex | 23,8 | 30,5 | 31,4 | 35,5 | 37,6 | 40,6 | 42,7 | 45,0 | 47,2 |
| | | cra-pti | 29,4 | 39,2 | 39,6 | 46,7 | 50,9 | 54,9 | 59,0 | 59,9 | 64,9 |
| | | oex-pti | 10,1 | 13,3 | 14,0 | 17,2 | 21,5 | 25,2 | 28,2 | 32,0 | 36,1 |
| | 40 | cra-crp | 9,3 | 14,2 | 15,4 | 17,3 | 19,4 | 21,0 | 21,2 | 22,6 | 23,6 |
| | | crp-pti | 26,0 | 33,4 | 33,6 | 40,4 | 44,2 | 46,5 | 51,2 | 51,9 | 55,9 |
| | 41 | top-crp | 11,2 | 13,5 | 14,5 | 16,7 | 18,1 | 19,0 | 19,4 | 20,7 | 25,5 |
| | | top-pti | 21,0 | 26,7 | 27,7 | 32,3 | 35,7 | 37,0 | 40,3 | 40,6 | 41,0 |
| | 42 | top-gr | 6,1 | 9,3 | 11,5 | 12,7 | 13,2 | 14,5 | 15,5 | 16,2 | 16,3 |
| | | gr-pti | 20,5 | 27,9 | 28,8 | 32,3 | 36,0 | 38,1 | 41,2 | 41,3 | 41,5 |
| | 43 | spi-gr | 7,4 | 12,1 | 15,6 | 18,1 | 20,6 | 22,5 | 24,8 | 25,1 | 26,1 |
| | | spi-pti | 20,1 | 26,6 | 27,9 | 33,0 | 38,0 | 41,4 | 44,5 | 44,8 | 46,2 |
| | 44 | spi-S | 14,5 | 20,7 | 24,9 | 29,3 | 32,1 | 34,9 | 37,3 | 38,8 | 40,5 |
| | | gr-S | 8,7 | 11,4 | 14,5 | 17,0 | 18,1 | 18,8 | 19,7 | 20,7 | 21,8 |
| | 45 | top-S | 6,1 | 7,4 | 9,9 | 10,6 | 11,7 | 12,4 | 13,6 | 13,7 | 15,3 |
| | 46 | spi-hoi | 13,2 | 18,6 | 23,2 | 26,4 | 28,5 | 30,8 | 32,4 | 33,8 | 35,3 |
| | | hoi-S | 5,2 | 8,2 | 8,6 | 10,8 | 12,8 | 14,7 | 14,9 | 16,1 | 16,3 |
| | 47 | spi-VIII | 7,4 | 10,5 | 12,6 | 13,8 | 14,9 | 16,7 | 17,3 | 18,6 | 21,0 |
| | | hoi-VIII | 13,1 | 17,5 | 20,4 | 23,5 | 25,0 | 26,6 | 30,0 | 32,3 | 34,7 |
| | 48 | ba-hoi | 10,1 | 12,9 | 14,5 | 15,9 | 17,0 | 18,4 | 20,5 | 22,6 | 26,2 |
| | | ba-VIII | 12,5 | 16,8 | 20,2 | 23,5 | 25,5 | 27,8 | 31,4 | 34,2 | 38,6 |
| | 49 | crp-S | 13,2 | 18,2 | 18,3 | 21,4 | 22,4 | 22,8 | 23,2 | 24,2 | 26,4 |

COTÉS DES TRIANGLES
(suite)

| zone | trian. | segment | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| POM | 50 | so-tm | 10,3 | 16,2 | 18,9 | 26,7 | 32,8 | 41,2 | 47,9 | 52,0 | 62,0 |
| | | so-pr | 12,2 | 17,7 | 17,9 | 20,6 | 25,8 | 31,8 | 36,1 | 37,2 | 45,2 |
| | | tm-pr | 11,4 | 16,9 | 18,8 | 22,4 | 26,3 | 29,2 | 32,0 | 35,0 | 36,4 |
| | 51 | py-pai | 3,7 | 10,4 | 10,8 | 13,1 | 14,9 | 17,2 | 17,8 | 19,9 | 22,7 |
| | | py-pr | 21,2 | 28,7 | 29,6 | 32,3 | 35,1 | 41,7 | 46,9 | 48,7 | 54,8 |
| | | pai-pr | 21,7 | 29,2 | 31,1 | 34,4 | 43,0 | 44,7 | 48,6 | 50,7 | 57,3 |
| | 52 | mmi-fzp | 12,0 | 16,8 | 19,7 | 23,9 | 28,8 | 31,5 | 35,4 | 40,1 | 48,6 |
| | | mmi-spx | 10,9 | 14,1 | 17,6 | 21,1 | 25,2 | 28,0 | 33,3 | 38,2 | 46,4 |
| | | fzp-spx | 7,0 | 11,4 | 13,0 | 14,9 | 18,0 | 23,6 | 30,5 | 33,1 | 34,5 |
| | 53 | fzp-zm | 5,4 | 6,5 | 7,4 | 9,3 | 9,8 | 10,7 | 11,8 | 14,1 | 15,7 |
| | 54 | sp-fzp | 7,5 | 12,4 | 13,0 | 14,4 | 14,9 | 16,8 | 20,7 | 21,0 | 21,3 |
| | | sp-cm | 2,3 | 5,1 | 7,0 | 9,1 | 10,0 | 11,5 | 13,4 | 13,5 | 14,1 |
| | | fzp-cm | 6,2 | 8,3 | 8,4 | 9,1 | 10,3 | 10,5 | 11,9 | 12,3 | 13,6 |
| MAN | 55 | cor-cm | 10,8 | 14,7 | 16,6 | 18,5 | 20,6 | 23,2 | 26,3 | 31,1 | 36,2 |
| | | cor-pai | 7,4 | 13,6 | 16,1 | 21,0 | 25,2 | 32,9 | 34,7 | 37,4 | 43,9 |
| | | cm-pai | 14,3 | 22,8 | 25,6 | 31,1 | 36,8 | 44,3 | 49,0 | 52,8 | 59,7 |
| | 56 | go-cm | 11,0 | 16,4 | 19,7 | 24,3 | 29,2 | 35,5 | 41,5 | 46,3 | 52,4 |
| | | go-pai | 8,1 | 13,1 | 15,0 | 17,7 | 21,3 | 25,1 | 30,9 | 34,2 | 34,7 |
| | 57 | go-tm | 18,4 | 24,9 | 26,6 | 31,5 | 36,9 | 44,0 | 53,6 | 58,2 | 69,3 |
| | | tm-pai | 12,2 | 15,4 | 15,8 | 18,7 | 21,8 | 24,0 | 30,5 | 31,2 | 40,3 |
| | 58 | id-tm | 10,3 | 15,0 | 15,3 | 17,0 | 19,9 | 21,4 | 22,8 | 24,5 | 25,1 |
| | | id-pai | 20,8 | 29,0 | 29,2 | 32,3 | 37,5 | 40,9 | 47,6 | 48,5 | 56,4 |
| | 59 | id-pog | 4,2 | 4,6 | 7,3 | 9,8 | 11,7 | 13,4 | 13,9 | 17,5 | 22,1 |
| | | tm-pog | 10,8 | 14,4 | 15,9 | 16,6 | 18,8 | 21,4 | 22,2 | 23,9 | 26,0 |
| | 60 | si-tm | 9,9 | 14,8 | 15,3 | 15,7 | 18,6 | 20,3 | 21,7 | 22,6 | 25,3 |
| | | si-pog | 4,0 | 5,0 | 5,8 | 6,1 | 6,3 | 8,0 | 9,1 | 10,0 | 11,0 |
| | 61 | si-go | 25,0 | 34,7 | 37,2 | 43,0 | 51,4 | 58,4 | 68,2 | 72,8 | 84,9 |
| VTE | 62 | na-pt | 31,2 | 42,5 | 42,8 | 51,3 | 57,5 | 61,8 | 68,8 | 73,5 | 76,8 |
| | | na-mf | 27,5 | 36,5 | 40,3 | 46,1 | 55,1 | 58,9 | 63,5 | 65,4 | 69,0 |
| | | pt-mf | 37,7 | 51,7 | 55,0 | 64,4 | 71,3 | 75,9 | 78,7 | 79,3 | 81,0 |
| | 63 | br-pt | 42,4 | 58,9 | 62,9 | 74,4 | 83,6 | 88,1 | 90,7 | 91,1 | 92,1 |
| | | br-mf | 18,4 | 28,4 | 29,8 | 35,6 | 43,3 | 47,4 | 49,5 | 50,2 | 50,9 |
| | 64 | br-eu | 41,2 | 59,2 | 64,3 | 75,1 | 83,4 | 87,9 | 92,8 | 97,6 | 106,5 |
| | | pt-eu | 28,3 | 42,3 | 46,4 | 52,5 | 59,7 | 57,8 | 53,0 | 51,7 | 49,8 |
| | 65 | br-vx | 21,9 | 37,7 | 44,8 | 50,7 | 54,1 | 55,0 | 55,4 | 55,4 | 56,6 |
| | | vx-eu | 37,4 | 52,2 | 57,2 | 67,4 | 74,6 | 82,3 | 89,9 | 94,8 | 104,0 |
| | 66 | L-vx | 33,2 | 40,7 | 43,5 | 49,7 | 56,8 | 59,1 | 61,1 | 61,7 | 62,6 |
| | | L-eu | 42,5 | 57,3 | 62,7 | 73,3 | 81,5 | 86,0 | 92,5 | 95,4 | 102,9 |
| | 67 | L-ast | 33,5 | 51,4 | 60,3 | 68,3 | 75,8 | 78,7 | 80,4 | 80,8 | 82,5 |
| | | ast-eu | 25,6 | 38,2 | 40,6 | 47,9 | 53,7 | 52,4 | 50,8 | 49,2 | 46,8 |
| | 68 | pie-eu | 23,3 | 35,6 | 36,2 | 43,0 | 49,4 | 45,5 | 40,0 | 35,1 | 28,9 |
| | 69 | L-opc | 9,3 | 9,4 | 11,7 | 16,6 | 21,1 | 21,6 | 22,9 | 24,7 | 29,4 |
| | | ast-opc | 28,9 | 47,2 | 54,7 | 61,2 | 67,3 | 68,7 | 70,9 | 72,1 | 72,9 |
| | 70+71 | I-opc | 12,0 | 25,1 | 27,2 | 30,1 | 32,0 | 32,1 | 35,1 | 37,5 | 38,1 |

COTÉS DES TRIANGLES (suite)

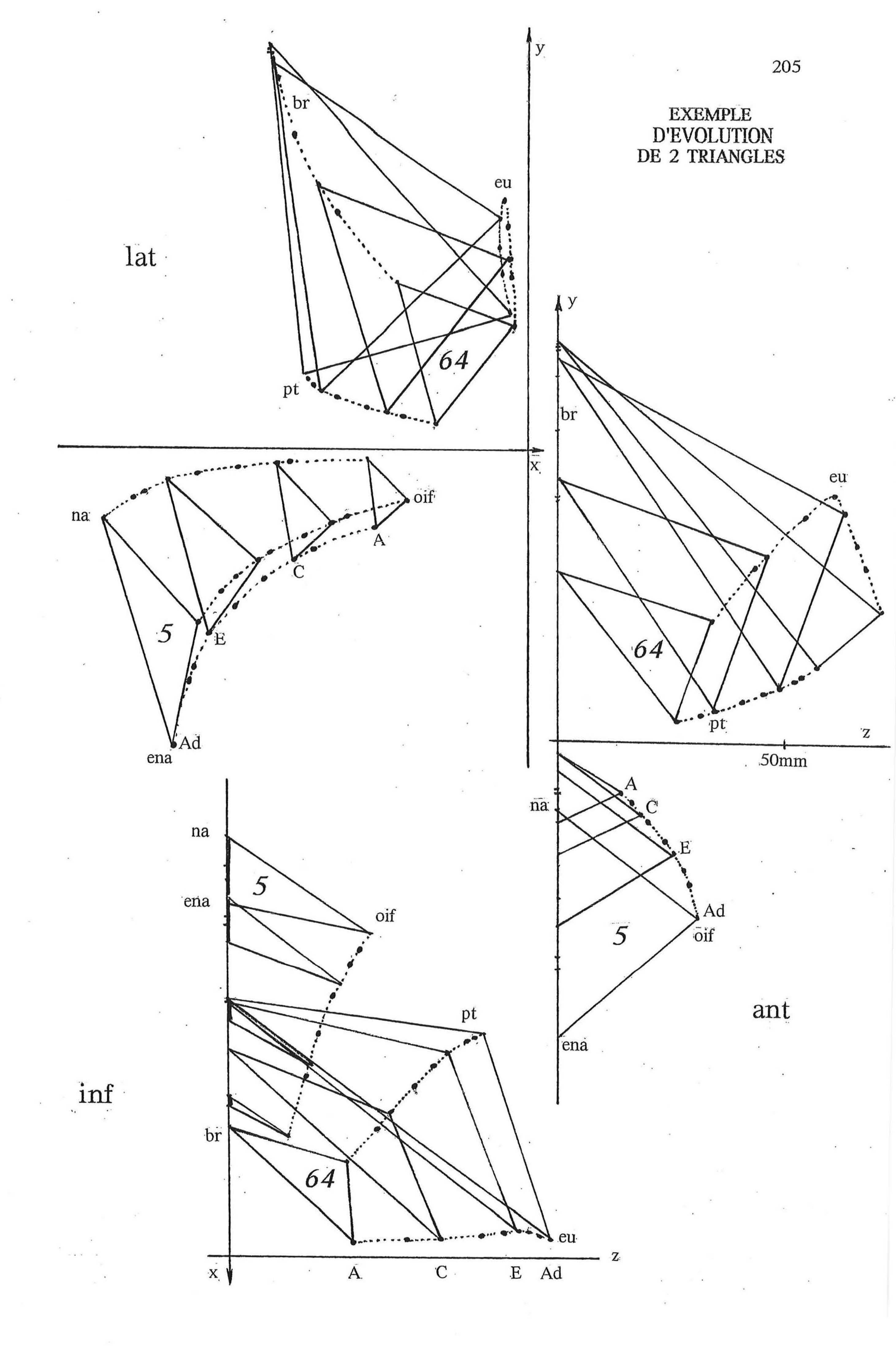
| | triangle N° | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| FAL | 1 | 0,15 | 0,26 | 0,30 | 0,48 | 0,74 | 0,86 | 1,10 | 1,07 | 1,18 |
| | 2 | 0,72 | 1,31 | 1,71 | 1,98 | 2,59 | 3,16 | 4,23 | 4,71 | 6,24 |
| | 3 | 0,52 | 0,95 | 1,20 | 1,64 | 1,69 | 3,24 | 3,78 | 3,93 | 4,17 |
| | 4 | 0,55 | 1,11 | 0,96 | 1,37 | 2,16 | 2,66 | 3,27 | 3,79 | 4,78 |
| | 5 | 1,07 | 1,85 | 2,22 | 2,76 | 3,70 | 5,21 | 5,80 | 6,59 | 9,00 |
| | 6 | 0,92 | 1,61 | 2,21 | 2,64 | 3,53 | 4,15 | 4,85 | 5,13 | 6,55 |
| | 7 | 0,70 | 1,25 | 1,62 | 1,87 | 2,35 | 2,45 | 2,63 | 2,73 | 3,56 |
| | 8 | 0,64 | 1,07 | 1,19 | 1,66 | 2,38 | 2,51 | 2,91 | 2,96 | 3,32 |
| | 9 | 0,68 | 1,11 | 1,59 | 2,27 | 3,51 | 4,19 | 5,16 | 6,26 | 7,97 |
| | 10 | 0,43 | 0,86 | 1,33 | 1,74 | 2,46 | 2,57 | 3,52 | 4,41 | 7,38 |
| FPİ | 11 | 0,13 | 0,46 | 0,52 | 0,53 | 0,77 | 0,99 | 1,52 | 1,91 | 2,77 |
| | 12 | 0,90 | 1,41 | 1,79 | 1,96 | 2,43 | 3,31 | 4,03 | 4,48 | 5,60 |
| | 13 | 0,41 | 0,87 | 1,08 | 1,17 | 1,65 | 2,08 | 2,46 | 2,75 | 3,43 |
| | 14 | 0,14 | 0,32 | 0,42 | 0,55 | 0,81 | 0,99 | 1,24 | 1,55 | 1,58 |
| | 15 | 0,53 | 0,90 | 1,16 | 1,48 | 2,03 | 2,49 | 2,93 | 3,31 | 4,02 |
| | 16 | 0,61 | 0,89 | 0,95 | 1,35 | 1,67 | 1,99 | 2,35 | 2,36 | 2,89 |
| | 17 | 0,26 | 0,28 | 0,34 | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,53 | 0,54 | 0,55 |
| | 18 | 0,08 | 0,15 | 0,23 | 0,31 | 0,33 | 0,34 | 0,37 | 0,46 | 0,48 |
| | 19 | 0,28 | 0,44 | 0,75 | 0,99 | 1,14 | 1,55 | 1,62 | 1,72 | 2,37 |
| | 20 | 0,18 | 0,33 | 0,39 | 0,56 | 0,84 | 0,97 | 1,50 | 2,00 | 2,44 |
| | 21 | 0,62 | 0,97 | 1,26 | 1,72 | 2,13 | 2,55 | 3,66 | 4,77 | 5,25 |
| EBR | 22 | 0,29 | 0,58 | 0,84 | 1,34 | 1,52 | 2,12 | 2,82 | 3,51 | 3,75 |
| | 23 | 0,11 | 0,22 | 0,35 | 0,48 | 0,66 | 0,87 | 1,19 | 1,34 | 1,39 |
| | 24 | 0,15 | 0,26 | 0,46 | 0,67 | 0,69 | 0,72 | 0,73 | 0,79 | 0,89 |
| | 25 | 0,17 | 0,38 | 0,48 | 0,61 | 0,76 | 0,78 | 0,89 | 1,00 | 1,44 |
| | 26 | 0,46 | 0,89 | 1,36 | 1,79 | 2,07 | 2,54 | 2,78 | 3,06 | 3,54 |
| | 27 | 0,49 | 0,95 | 1,12 | 1,48 | 1,90 | 2,37 | 2,97 | 3,71 | 4,48 |
| | 28 | 0,19 | 0,27 | 0,39 | 0,54 | 0,68 | 0,98 | 1,67 | 1,88 | 2,50 |
| | 29 | 0,31 | 0,66 | 0,94 | 1,28 | 1,55 | 1,80 | 2,35 | 2,49 | 2,68 |
| | 30 | 0,08 | 0,11 | 0,19 | 0,26 | 0,32 | 0,34 | 0,55 | 0,61 | 0,91 |
| | 31 | 0,39 | 0,94 | 1,52 | 2,58 | 2,86 | 3,11 | 4,07 | 4,40 | 4,76 |
| ELP | 32 | 0,73 | 1,14 | 1,29 | 1,89 | 3,05 | 3,84 | 4,85 | 5,87 | 7,40 |
| | 33 | 1,09 | 1,73 | 1,81 | 2,05 | 2,39 | 2,48 | 2,53 | 2,91 | 2,92 |
| | 34 | 0,41 | 0,64 | 0,77 | 0,86 | 1,32 | 1,62 | 1,98 | 2,19 | 2,72 |
| | 35 | 0,79 | 1,19 | 1,62 | 1,78 | 2,46 | 2,95 | 3,18 | 3,55 | 3,83 |
| | 36 | 1,75 | 2,86 | 4,36 | 6,08 | 7,50 | 8,69 | 10,01 | 11,00 | 12,97 |
| | 37 | 2,01 | 3,98 | 5,74 | 7,64 | 10,07 | 11,15 | 11,67 | 12,12 | 14,66 |
| | 38 | 1,67 | 2,79 | 3,19 | 4,23 | 5,96 | 7,50 | 8,89 | 10,48 | 13,05 |

SURFACE DES TRIANGLES

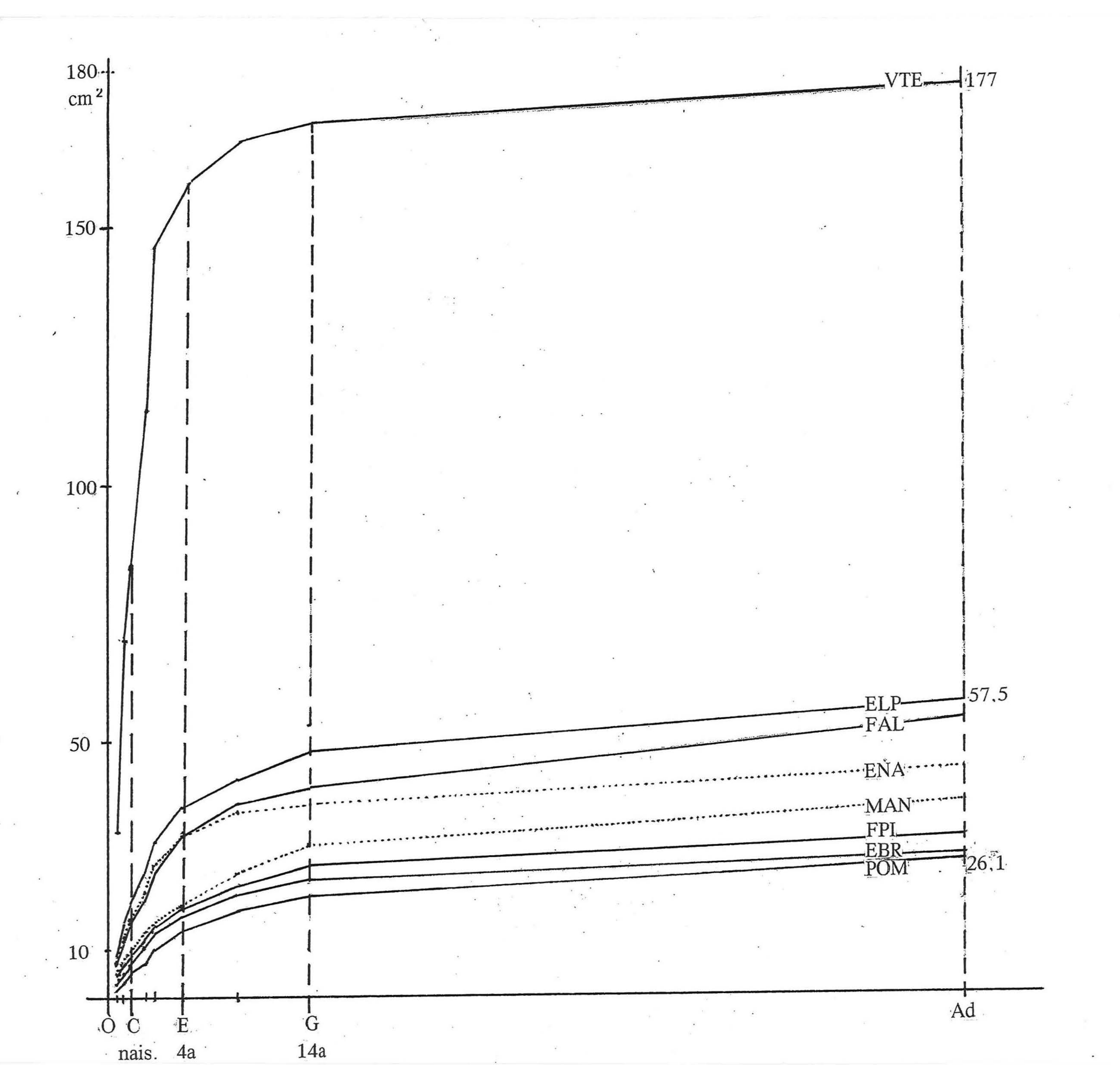
| | triangle N° | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ENA | 39 | 1,10 | 1,68 | 2,01 | 2,60 | 3,63 | 4,77 | 5,74 | 7,08 | 8,35 |
| | 40 | 1,19 | 2,48 | 2,55 | 3,42 | 4,24 | 4,95 | 5,38 | 5,42 | 6,14 |
| | 41 | 1,13 | 1,71 | 1,98 | 2,59 | 3,10 | 3,35 | 3,60 | 3,91 | 4,83 |
| | 42 | 0,62 | 1,28 | 1,53 | 2,01 | 2,32 | 2,66 | 3,14 | 3,24 | 3,27 |
| | 43 | 0,26 | 0,57 | 1,05 | 1,41 | 1,74 | 1,92 | 2,23 | 2,35 | 2,58 |
| | 44 | 0,26 | 0,57 | 1,05 | 1,41 | 1,74 | 1,92 | 2,23 | 2,35 | 2,58 |
| | 45 | 0,19 | 0,34 | 0,57 | 0,68 | 0,77 | 0,90 | 1,10 | 1,11 | 1,19 |
| | 46 | 0,34 | 0,76 | 0,99 | 1,42 | 1,82 | 2,27 | 2,59 | 2,61 | 2,74 |
| | 47 | 0,47 | 0,90 | 1,28 | 1,61 | 1,86 | 2,22 | 2,57 | 2,94 | 3,50 |
| | 48 | 0,59 | 1,02 | 1,37 | 1,76 | 2,02 | 2,35 | 2,96 | 3,52 | 4,44 |
| | 49 | 0,34 | 0,51 | 0,66 | 0,88 | 1,05 | 1,17 | 1,32 | 1,41 | 1,91 |
| POM | 50 | 0,55 | 1,23 | 1,49 | 2,24 | 3,31 | 4,61 | 5,77 | 6,52 | 8,15 |
| | 51 | 0,40 | 1,48 | 1,60 | 2,12 | 2,23 | 3,56 | 4,15 | 4,82 | 6,20 |
| | 52 | 0,38 | 0,79 | 1,12 | 1,55 | 2,25 | 3,19 | 4,68 | 5,86 | 7,61 |
| | 53 | 0,35 | 0,36 | 0,57 | 0,97 | 1,18 | 1,46 | 1,48 | 2,30 | 3,28 |
| | 54 | 0,06 | 0,15 | 0,26 | 0,40 | 0,52 | 0,59 | 0,76 | 0,83 | 0,89 |
| MAN | 55 | 0,39 | 0,96 | 1,31 | 1,88 | 2,50 | 3,71 | 4,38 | 5,72 | 7,91 |
| | 56 | 0,44 | 1,05 | 1,48 | 2,15 | 3,11 | 4,44 | 6,36 | 7,80 | 9,04 |
| | 57 | 0,38 | 0,85 | 1,04 | 1,44 | 2,05 | 2,38 | 4,02 | 4,35 | 4,93 |
| | 58 | 0,44 | 0,65 | 0,77 | 1,24 | 1,69 | 2,01 | 2,84 | 3,30 | 4,49 |
| | 59 | 0,24 | 0,30 | 0,55 | 0,79 | 1,07 | 1,36 | 1,49 | 1,97 | 2,55 |
| | 60 | 0,20 | 0,39 | 0,42 | 0,46 | 0,58 | 0,81 | 0,97 | 1,12 | 1,37 |
| | 61 | 0,77 | 1,61 | 1,69 | 1,93 | 2,53 | 3,58 | 4,82 | 5,55 | 7,57 |
| VTE | 62 | 4,21 | 7,72 | 8,50 | 11,73 | 15,53 | 17,79 | 20,87 | 22,72 | 24,15 |
| | 63 | 3,47 | 7,35 | 8,21 | 11,46 | 15,43 | 17,97 | 19,44 | 19,87 | 20,55 |
| | 64 | 5,55 | 11,64 | 13,73 | 18,37 | 23,25 | 24,03 | 23,27 | 23,26 | 22,92 |
| | 65 | 4,08 | 9,70 | 12,49 | 16,68 | 19,81 | 22,17 | 24,07 | 25,33 | 28,66 |
| | 66 | 3,97 | 10,26 | 12,04 | 16,23 | 20,50 | 23,23 | 26,21 | 27,84 | 30,87 |
| | 67 | 4,29 | 9,60 | 11,75 | 15,86 | 19,73 | 20,26 | 20,38 | 19,87 | 18,92 |
| | 68 | 1,17 | 2,15 | 2,78 | 3,66 | 4,69 | 4,55 | 3,94 | 3,47 | 2,33 |
| | 69 | 1,26 | 2,11 | 2,94 | 4,83 | 6,82 | 7,49 | 7,79 | 8,21 | 10,61 |
| | 70 | 1,51 | 4,58 | 5,76 | 7,43 | 8,89 | 9,28 | 10,45 | 11,40 | 12,03 |
| | 71 | 2,68 | 5,85 | 6,92 | 9,12 | 12,29 | 12,17 | 10,52 | 9,06 | 6,13 |

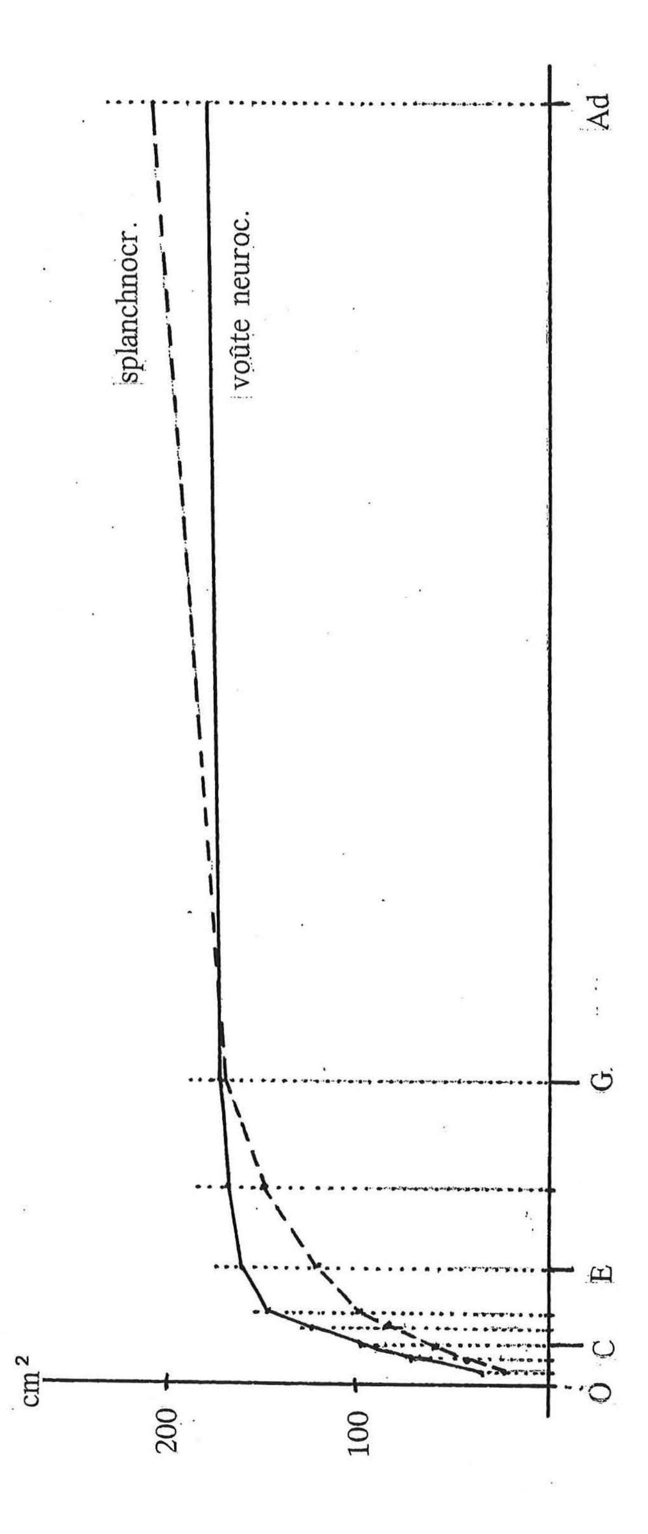
SURFACE DES TRIANGLES
(suite)

EXEMPLE D'EVOLUTION DE 2 TRIANGLES



| trian. | zone | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad | Ad/A |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1-10 | FAL | 6,38 | 11,38 | 14,33 | 18,41 | 25,11 | 31,00 | 37,25 | 41,58 | 54,15 | 8,48 |
| 11-21 | FPI | 4,14 | 7,02 | 8,89 | 11,06 | 14,24 | 17,70 | 22,21 | 25,85 | 31,38 | 7,58 |
| 22-31 | EBR | 2,64 | 5,26 | 7,65 | 11,03 | 13,01 | 15,63 | 20,02 | 22,79 | 26,34 | 9,98 |
| 32-38 | ELP | 8,45 | 14,33 | 18,78 | 24,53 | 32,75 | 38,23 | 43,11 | 48,12 | 57,55 | 6,81 |
| 39-49 | ENA | 6,97 | 12,84 | 16,07 | 21,21 | 26,2 | 30,80 | 35,67 | 38,71 | 44,32 | 6,36 |
| 50-54 | POM | 1,74 | 4,01 | 5,04 | 7,28 | 9,49 | 13,41 | 16,84 | 20,33 | 26,13 | 15,02 |
| 55-61 | MAN | 2,86 | 5,81 | 7,26 | 9,89 | 13,53 | 18,29 | 24,88 | 29,81 | 37,86 | 13,24 |
| 62-71 | VTE | 32,19 | 70,96 | 84,12 | 115,37 | 146,94 | 158,94 | 166,94 | 171,04 | 177,17 | 5,50 |
| splanchnocr. 1-38 & 55-61 | | 24,47 | 43,80 | 56,91 | 74,92 | 98,64 | 120,09 | 147,47 | 168,15 | 207,28 | 8,4 |
| voûte du cr. 62-71 | | 32,19 | 70,96 | 84,12 | 115,37 | 146,94 | 158,94 | 166,94 | 171,04 | 177,17 | 5,5 |


180
cm²
150
100
50
10
VTE
177
ELP
57,5
FAL
ENA
MAN
FPI
EBR
POM
26,1
O
C
E
G
Ad
nais.
4a
14a


cm²
200
100
O
C
E
G
Ad
splanchnocr.
voûte neuroc.

# Surfaces globales

Elles ne découlent pas de calculs à partir de points craniométriques, mais sont prises au planimètre, soit **dans** l'un des plans du référentiel vestibulaire, soit en projection **sur** lui. Nos considérations porteront sur le neurocrâne, le splanchnocrâne, ou les deux à la fois. L'unité de surface sera le centimètre carré. Les figures jointes montrent l'évolution ontogénique de 8 aires dont le détail peut être lu dans le tableau annexé à ce chapitre.

1 - Exocrâne en section sagittale. Limité en bas par les segments na↔ba et ba↔op, il devient 6 fois plus grand chez l'adulte que chez le fœtus de 5 mois.

2 - Endocrâne en section sagittale. Son contour a été complété par un segment occipital joignant ba↔op. Les portions pré- et rétro-vestibulaires, limitées par le plan vertico-frontal, ont été mesurées séparément puis additionnées. La surface totale devient 5 fois plus grande, de A à Ad. Le rapport entre les portions pré- et rétro-vestibulaires a été calculé; sa valeur baisse légèrement (de 1,9 à 1,3) après une longue période de stabilité à 1,4. Il en était d'ailleurs de même pour les 2 portions de la section sagittale de l'exocrâne; le postéro-crâne tend donc à rattraper partiellement son retard de développement par rapport au crâne antérieur.

3 - Endocrâne sectionné par le plan vertico-frontal. Unilatéralement, il mesure de 12 à 62 $cm^2$; sa surface devient donc 5 fois plus grande dans l'intervalle considéré.

4 - Section totale (crâne + face) par le plan horizontal vestibulaire. Les portions pré- et rétro-vestibulaires ont été mesurées séparément, puis réunies. (la partie du plafond orbitaire, intéressée par la coupe, dans l'aire pré-vestibulaire, a été intégrée à celle-ci). Unilatéralement, et pour la section totale, l'évolution se fait de 9 à 77 $cm^2$, donc l'aire devient à peu près 8 fois plus grande.

5 - Projection totale du contour maximal, sur le plan horizontal. (à ne pas confondre avec la rubrique précédente). Les parties pré- et post-vestibulaires ont été mesurées; le rapport ant./post. diminue légèrement (de 1,8 à 1,4). La surface totale, unilatéralement, va de 16 à 97 $cm^2$, elle est donc multipliée par 6, du stade A au stade Ad. La projection horizontale du splanchnocrâne (y compris l'orbite, la mandibule, les ptérygoïdes et la partie malaire du zygoma) est complètement incluse dans le profil total; elle croît de 4 à 32 $cm^2$, soit une multiplication par 8.

6 - Projection totale (cranio-faciale et mandibulaire) sur le plan vertico-frontal vestibulaire. Une limite a été définie en joignant na↔oit, puis en suivant le bord orbitaire supérieur jusqu'à oex, puis la suture fronto-malaire jusqu'au bord supérieur du zygoma, et enfin la suture temporo-malaire jusqu'à zm; de A à l'adulte, la zone neurocranienne devient 5 fois plus grande, et la zone splanchnocranienne 10 fois. Unilatéralement, la totalité de la projection va de 18 à 118 $cm^2$, et le rapport voûte/face diminue de moitié (de 3 à 1,5)

7 - Massif facial (**M**) en projection sagittale. La section sagittale de son profil est complétée en projetant sagittalement le bord alvéolaire (pr↔py) et la droite ptérygo-maxillaire. On poursuit en abaissant une perpendiculaire, de crp, sur cette dernière. La surface (obtenue comme cela sera précisé plus loin) est pratiquement 10 fois plus grande chez l'adulte que chez le fœtus de 5 mois (stade A).

8 - Face totale (**T**) en projection sagittale, Elle comprend la zone précédente à laquelle on ajoute les régions : dentaires et mandibulaire. Le contour supérieur de la mandibule est schématisé par une portion de droite unissant la projection sagittale de cm, au point A de Downs. La surface devient 12 fois plus grande, dans l'intervalle d'âge considéré.

Un rapport a encore été calculé entre l'endocrâne sagittal total et la face totale (**T**). Il

| | | | | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| sections | exo | sagit. | pré-vest. | 17,5 | 35 | 44 | 58 | 76 | 85 | 92 | 97 | 101 |
| | | | rétro-v. | 10,5 | 21 | 28 | 39 | 51 | 58 | 60 | 63 | 70 |
| | | | totale | 28 | 56 | 72 | 97 | 127 | 143 | 152 | 160 | 171 |
| | | | pré/rétro. | 1,7 | 1,6 | 1,6 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,4 |
| | end cr. | sagit. | pré-vest. | 17 | 34 | 39 | 53 | 68 | 76 | 82 | 83 | 85 |
| | | | rétro-v. | 9 | 20 | 28 | 36 | 49 | 53 | 55 | 56 | 64 |
| | | | totale · **EC** | 26 | 54 | 67 | 89 | 117 | 129 | 137 | 139 | 149 |
| | | | pré/rétro. | 1,9 | 1,7 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,3 |
| | | vert.fr. | totale | 12 | 23 | 28 | 40 | 48 | 54 | 57 | 58 | 62 |
| | cr-fac. | par l'hor. | pré-vest. | 7 | 13 | 16 | 22 | 27 | 34 | 38 | 42 | 48 |
| | | | rétro-v. | 2 | 4 | 8 | 11 | 15 | 18 | 22 | 26 | 29 |
| | | | totale | 9 | 17 | 24 | 33 | 42 | 52 | 60 | 68 | 77 |
| | | | pré/rétro. | 3,5 | 3,2 | 2,0 | 2,0 | 1,8 | 1,8 | 1,7 | 1,6 | 1,6 |
| projections totales | | sur l'hor. | pré-vest. | 11 | 21 | 25 | 34 | 43 | 47 | 49 | 52 | 58 |
| | | | rétro-v. | 6 | 12 | 16 | 21 | 26 | 28 | 31 | 36 | 39 |
| | | | total | 16 | 33 | 40 | 54 | 69 | 75 | 80 | 88 | 97 |
| | | | pré/rétro. | 1,8 | 1,7 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,4 |
| | | | splanch-cr | 4 | 8 | 9 | 12 | 14 | 18 | 22 | 23 | 32 |
| | | vert. fr. | crâne | 13,5 | 25 | 30 | 42 | 51 | 57 | 61 | 63 | 71 |
| | | | face | 4,5 | 8,5 | 11 | 16 | 20 | 25,5 | 31,5 | 37 | 47 |
| | | | total | 18 | 33,5 | 41 | 58 | 71 | 82,5 | 92,5 | 100 | 118 |
| | | | crâne/face | 3,0 | 2,9 | 2,7 | 2,6 | 2,5 | 2,2 | 1,9 | 1,7 | 1,5 |

valeurs unilatérales

surfaces en cm², et rapports de surfaces

| stades | massif facial **M** | | | face totale **T** | | | **EC / T** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | surface | barycentre x | barycentre y | surface | barycentre x | barycentre y | |
| A | 2,90 | -26,7 | -10,9 | 4,90 | -23,1 | -13,2 | 5,31 |
| B | 5,50 | -39,5 | -13,7 | 9,87 | -32,6 | -17,8 | 5,47 |
| C | 6,85 | -40,9 | -14,0 | 12,25 | -35,0 | -18,7 | 5,47 |
| D1 | 7,50 | -45,0 | -16,0 | 15,00 | -37,0 | -22,0 | 5,93 |
| D2 | 11,75 | -51,4 | -18,9 | 24,40 | -39,0 | -28,2 | 4,79 |
| E | 15,00 | -54,3 | -22,5 | 32,50 | -42,2 | -35,0 | 3,97 |
| F | 18,65 | -58,1 | -28,8 | 42,30 | -42,9 | -40,9 | 3,24 |
| G | 22,23 | -59,0 | -31,0 | 48,40 | -43,9 | -44,4 | 2,87 |
| Ad | 29,74 | -60,5 | -39,7 | 60,10 | -44,0 | -55,0 | 2,48 |

valeurs sagittales
en cm² pour les surfaces et en mm pour les coordonnées vestibulaires

s'abaisse, de 5,3 à 2,5, donc diminue de moitié.

Les barycentres faciaux.

Les centres de gravité des deux surfaces précédentes (**M** et T) ont été déterminés par projection des surfaces sur chacun des 2 axes d'orientation, sous la forme d'histogrammes dont les tranches sont de 5 mm. Puis, les moyennes de ces répartitions ont été reportées sur les surfaces étudiées. Leurs intersections fournissent les barycentres, points qui seront utilisés plus loin, lors des études volumétriques. Le trajet ontogénique de ces barycentres a été représenté et comparé à ceux des autres points faciaux considérés, pour **M** et **T** ; il est de même nature.

Surfaces neurocraniennes et capacités.

Les valeurs des sections sagittales de l'exocrâne et de l'endocrâne ont été testées en vue d'une approche volumétrique, comparée aux "capacités" craniennes effectives, par intervention d'une largeur bi-euryale ou du calcul d'une "régression" mathématique (cf. Bibliographie). Pour ce dernier procédé, la relation :

capacité approchée = 9,154 × surface exocranienne sagittale - 179,9

... se révèle assez bonne à partir du stade B, avec une erreur maximale de 38 $cm^3$ au stade F, soit 0,35 % du cubage réel.

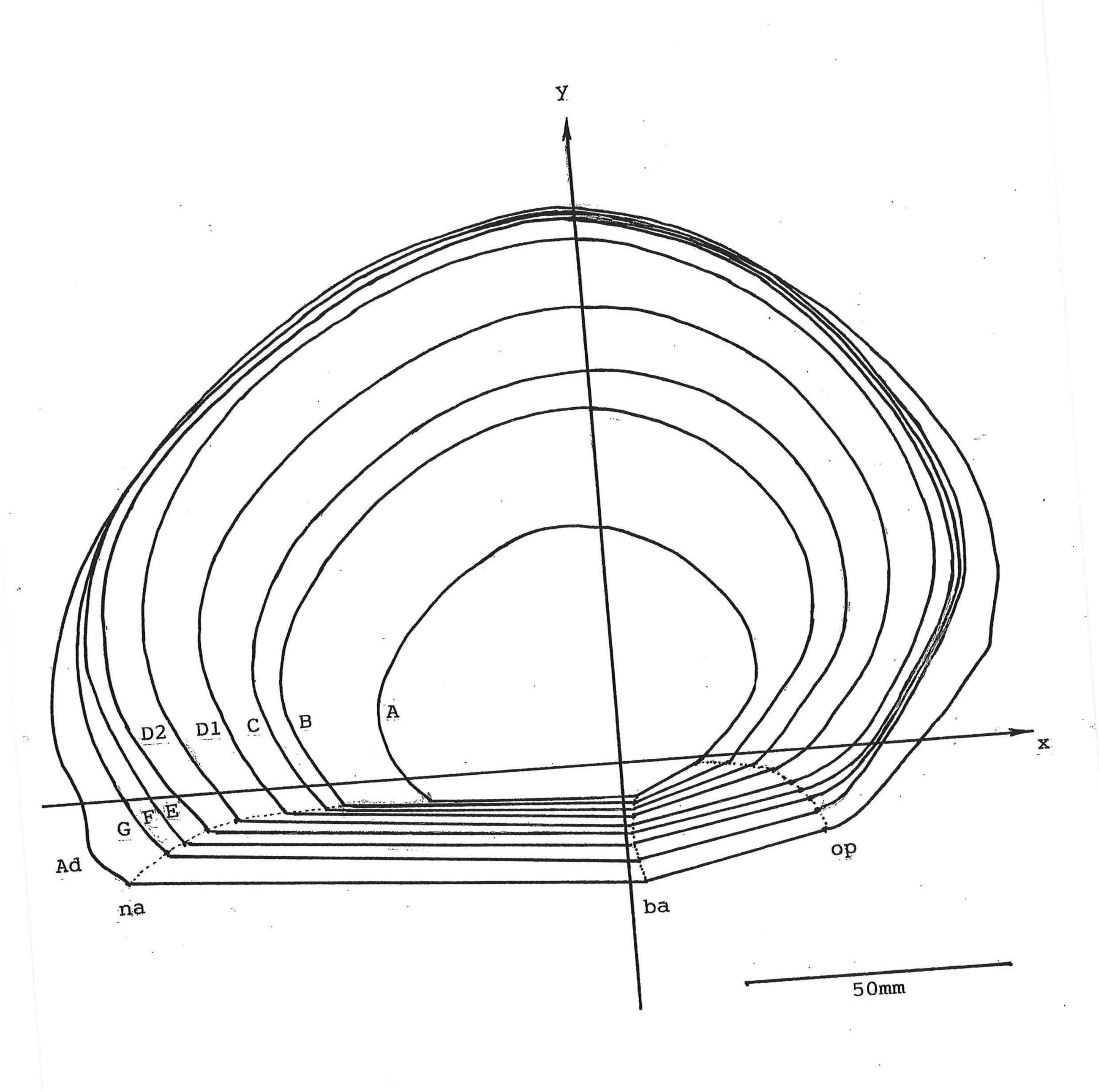
Répartition antéro-postérieure du volume cranien

Le volume d'un ellipsoïde est $V = 4/3\ \pi abc$, avec a,b et c les demi-axes de celui-ci. La connaissance de la surface (S) de l'ellipse contenant les 2 plus petits axes simplifie cette relation. Puisque $S = \pi ab$ , on peut écrire $V = 4/3\ Sc$. On considérera que la coupe endocranienne vertico-frontale a ,pour surface, S. L'endocrâne anté-vestibulaire sera assimilé à une moitié d'ellipsoïde où c = la plus grande distance séparant le profil antérieur, du plan vertico-frontal, et on calculera $V = 2/3\ Sc$ . Il sera fait de même pour l'endocrâne rétro-vestibulaire, où c' sera la plus grande distance séparant le profil postérieur, du plan vertico-frontal. (les points intéressés sont les homologues endocraniens des points exocraniens ant et post déjà définis).

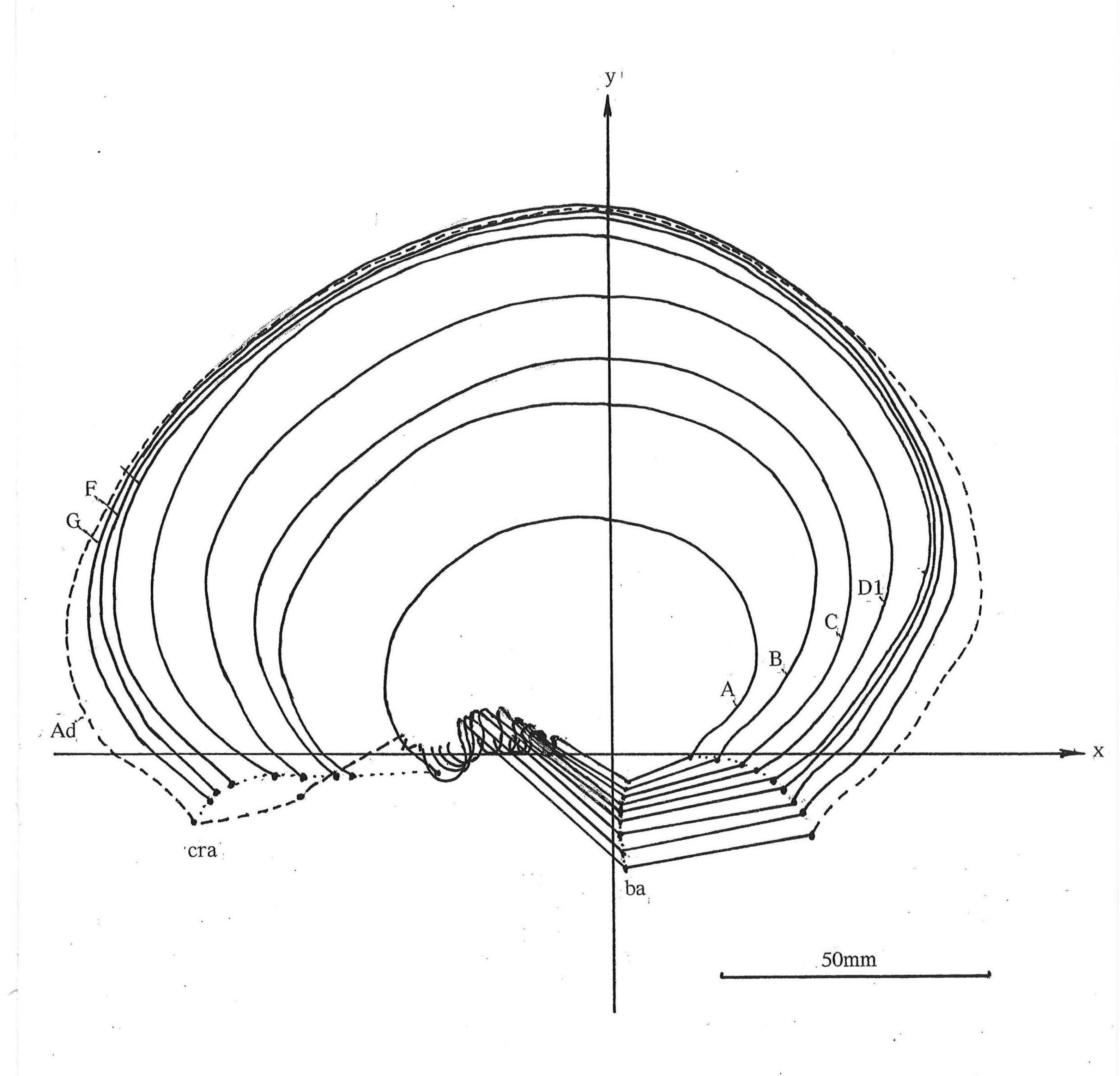
Il s'agit donc de calculer les volumes de 2 demi-ellipsoïdes **différents** , mais possédant la même base vertico-frontale. Les valeurs sont apportées dans le tableau suivant. On voit que l'endocrâne anté-vestibulaire vaut constamment environ une fois et demie le volume endocranien rétro-vestibulaire.

La somme des 2 volumes est crédible, lorsqu'on la compare aux valeurs obtenues par d'autres procédés indirecte, et au cubage proprement dit.

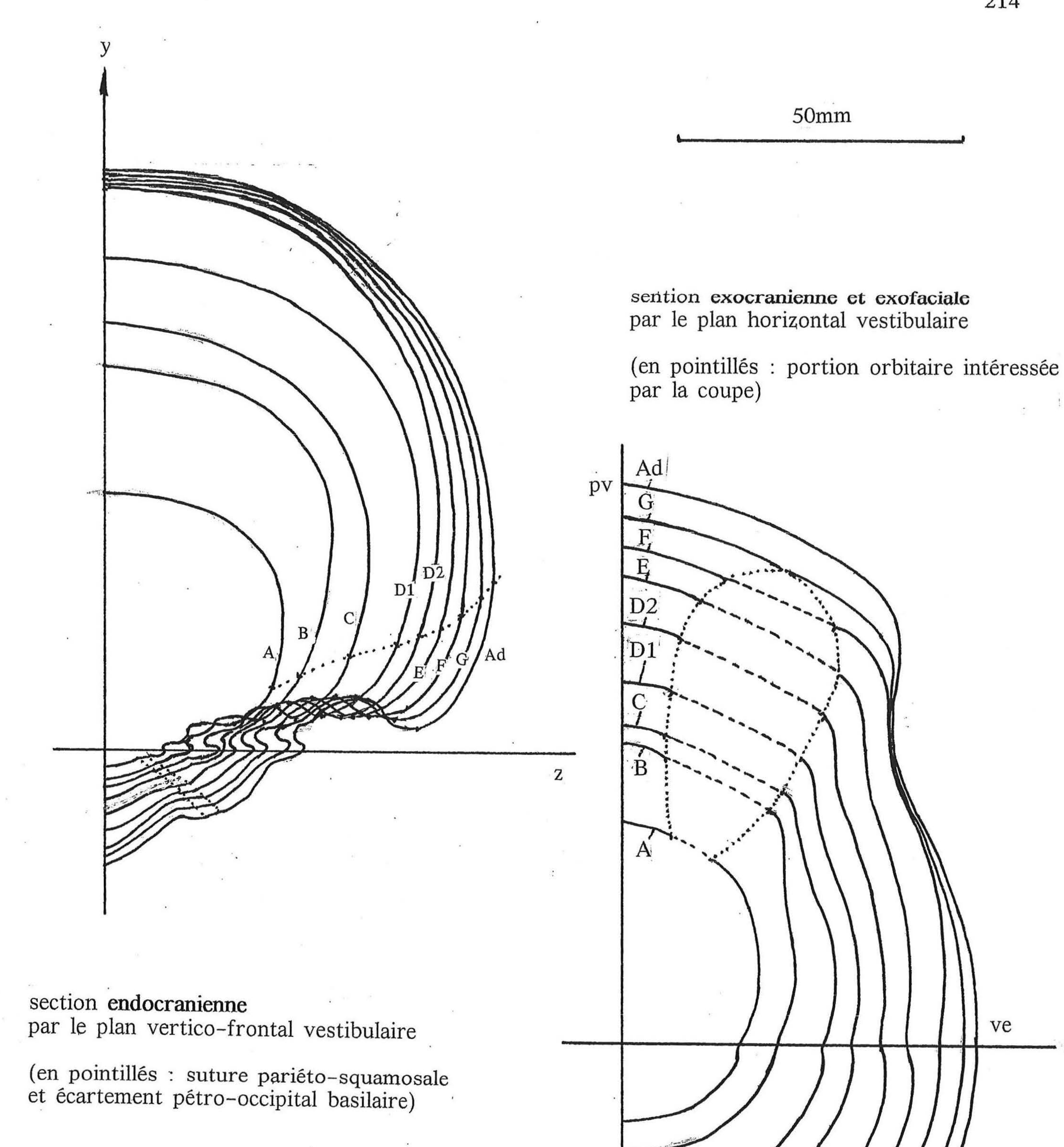
| | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S.V.F.endoc. bilat. ($cm^2$) | 24 | 46 | 56 | 80 | 96 | 108 | 114 | 116 | 124 |
| c (cm) | 4,2 | 6,1 | 6,6 | 7,5 | 8,5 | 9,2 | 9,5 | 9,7 | 10,1 |
| c' (cm) | 2,7 | 3,8 | 4,5 | 5,3 | 5,9 | 6,1 | 6,2 | 6,5 | 7,0 |
| V ½ ell.ant. bilat. ($cm^3$) | 67,2 | 187,0 | 246,4 | 400,0 | 544,0 | 662,4 | 722,0 | 750,2 | 835,0 |
| V ½ ell.post. bilat. ($cm^3$) | 43,2 | 116,6 | 168,0 | 282,6 | 377,6 | 439,2 | 471,2 | 502,6 | 578,7 |
| Vant/Vpost | 1,55 | 1,60 | 1,47 | 1,41 | 1,44 | 1,51 | 1,53 | 1,50 | 1,44 |
| Vant+Vpost | 110,4 | 303,6 | 414,4 | 682,6 | 922,4 | 1101,6 | 1193,2 | 1252,8 | 1413,7 |




SECTION EXOCRANIENNE SAGITTALE
EN ORIENTATION VESTIBULAIRE




section **endocranienne** sagittale,
en orientation vestibulaire

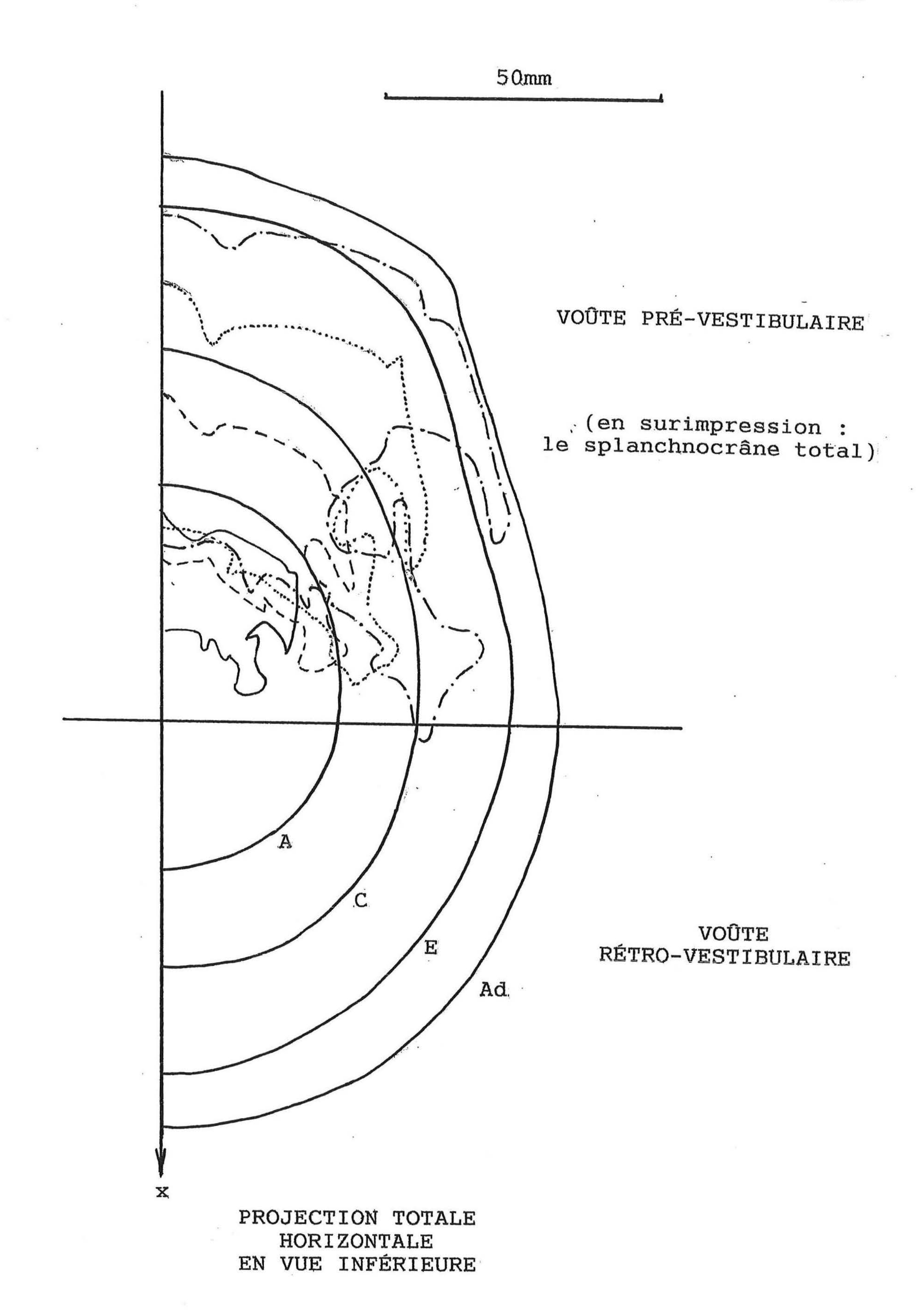



sention **exocranienne et exofaciale**
par le plan horizontal vestibulaire

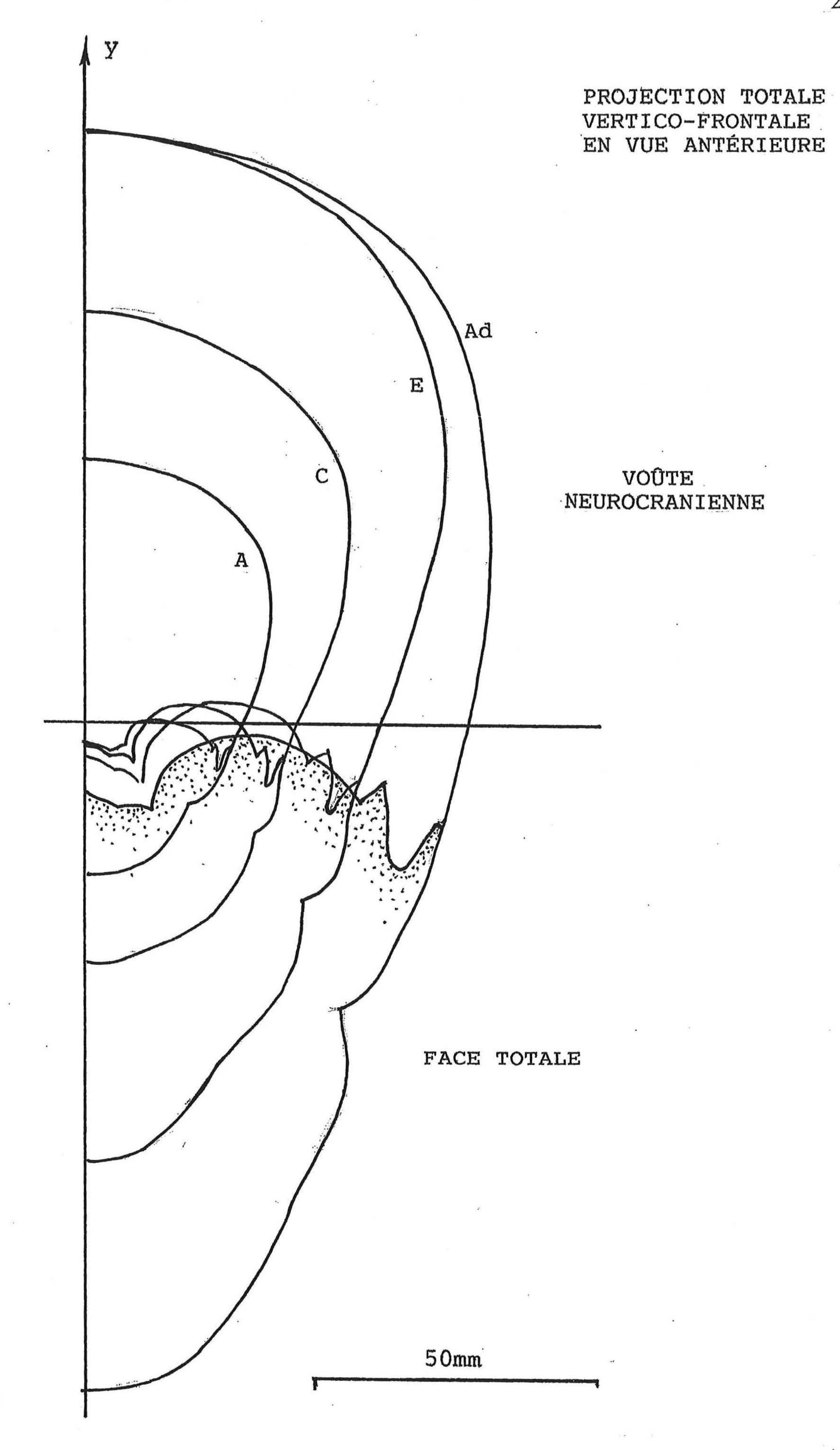
(en pointillés : portion orbitaire intéressée par la coupe)

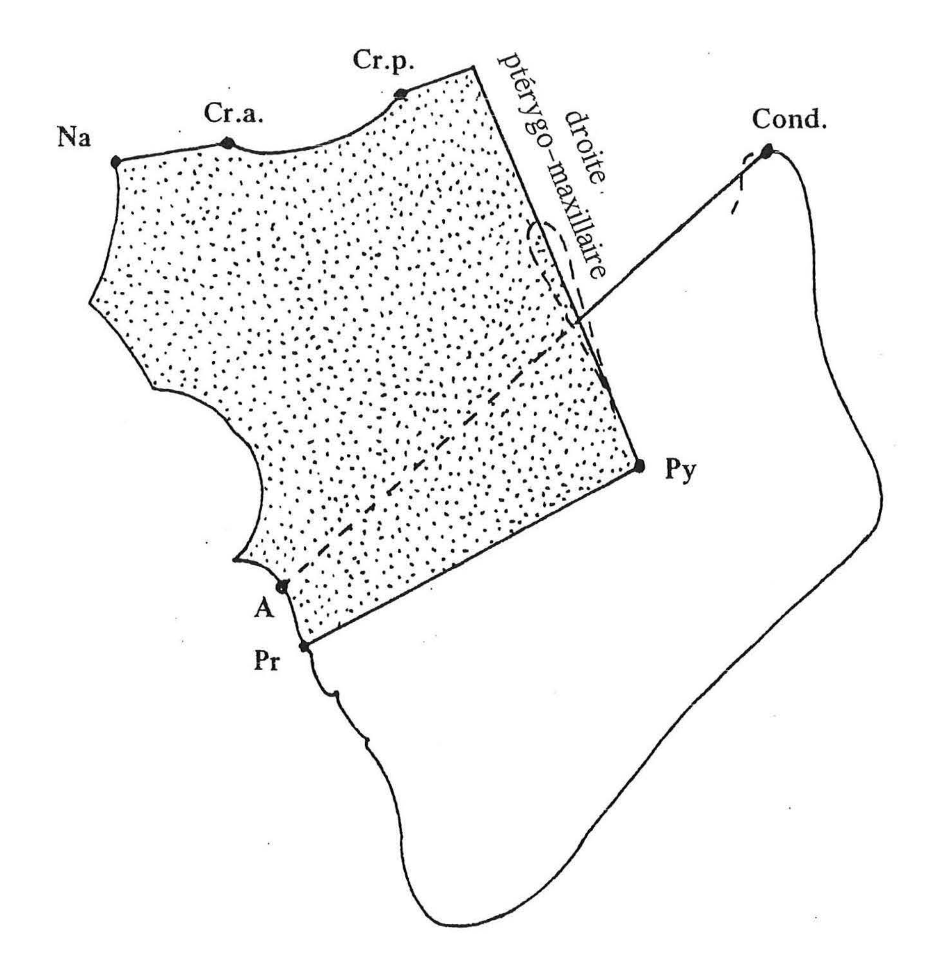
section **endocranienne**
par le plan vertico-frontal vestibulaire

(en pointillés : suture pariéto-squamosale et écartement pétro-occipital basilaire)

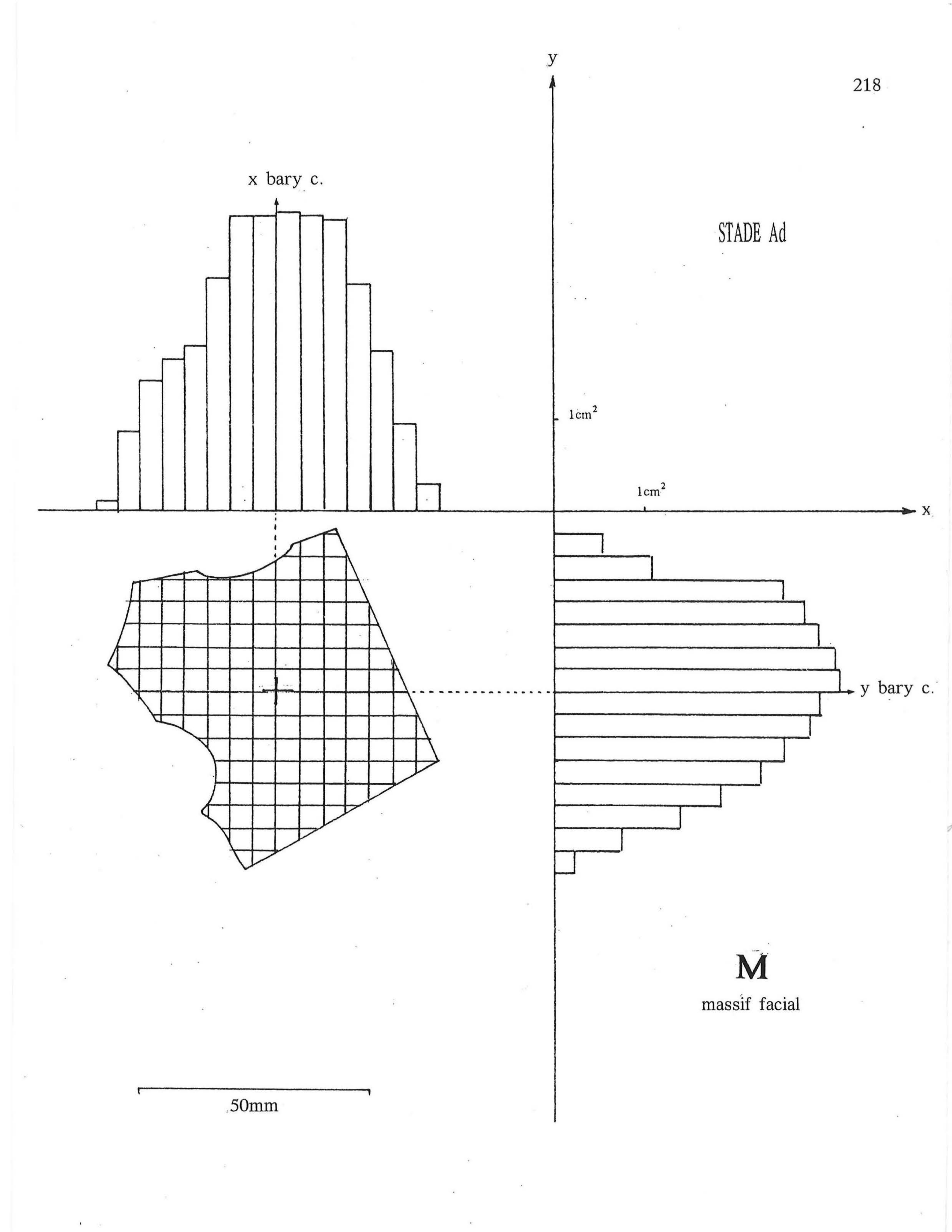


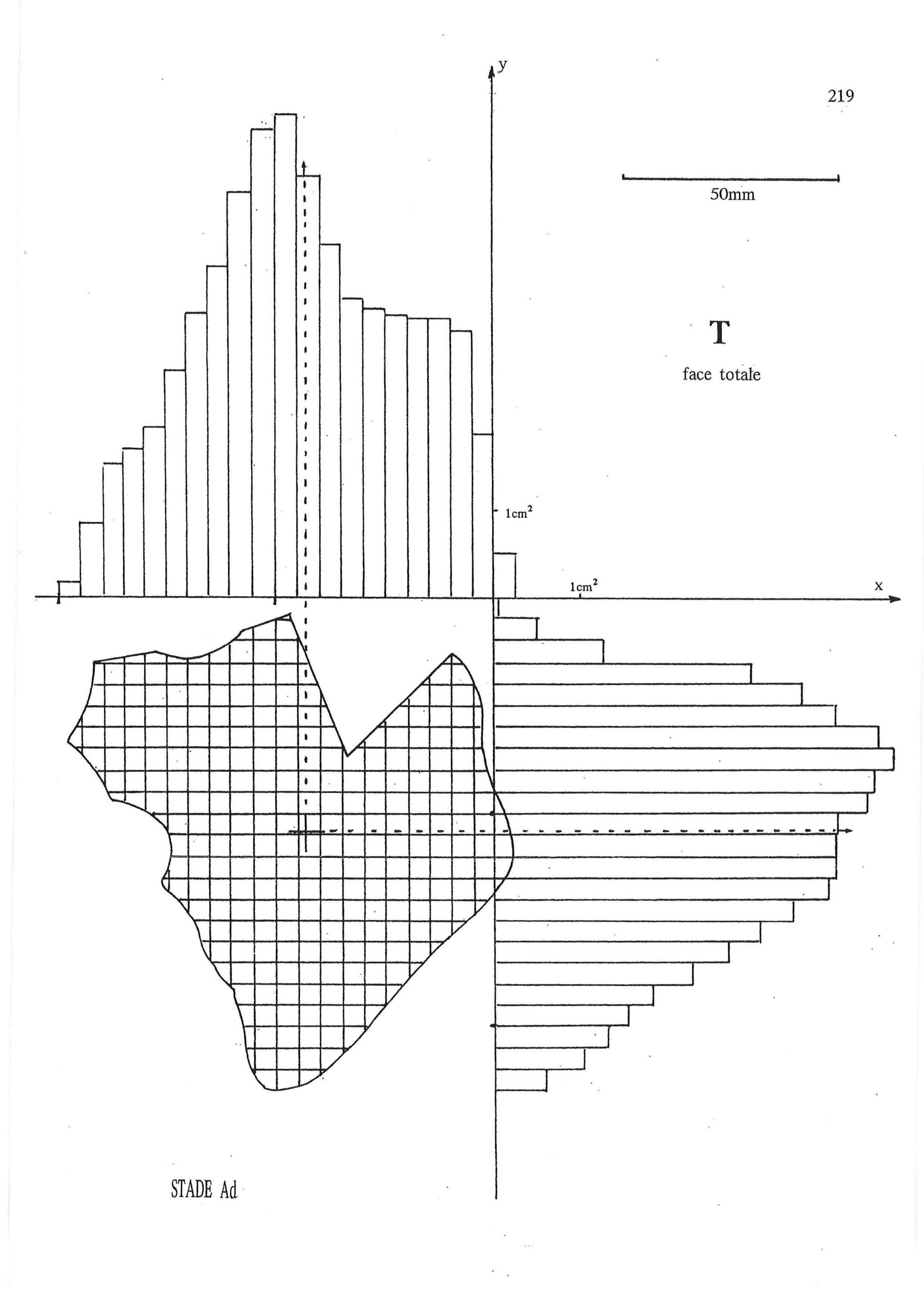

PROJECTION TOTALE
HORIZONTALE
EN VUE INFÉRIEURE


y
PROJECTION TOTALE
VERTICO-FRONTALE
EN VUE ANTÉRIEURE
Ad
E
C
A
VOÛTE
NEUROCRANIENNE
FACE TOTALE
50mm

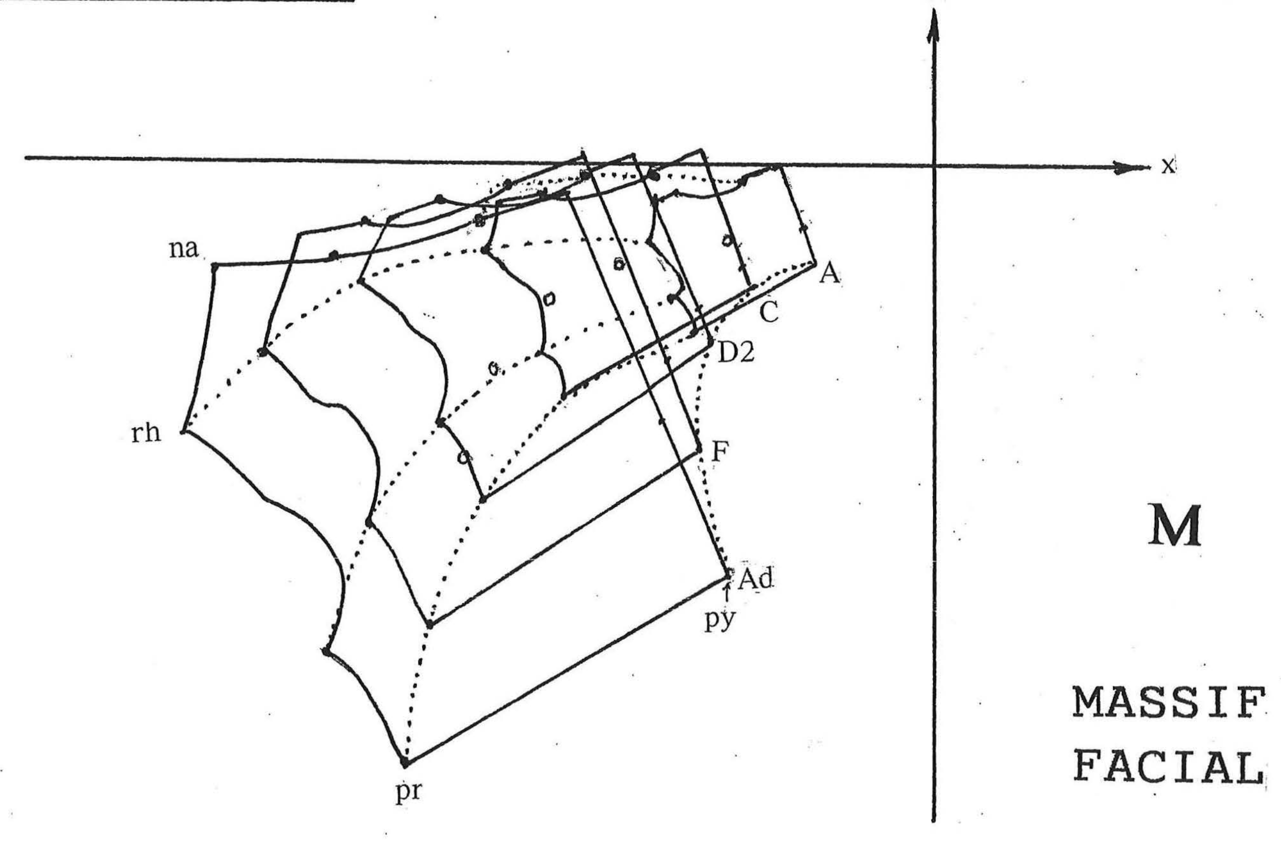



Définition de l'aire du massif facial (pointillée)
et de l'aire faciale totale (y compris le massif facial),
en projection sagittale.


y
x bary c.
STADE Ad
1cm²
1cm²
x
y bary c.
M
massif facial
50mm


y
50mm
T
face totale
1cm²
1cm²
x
STADE Ad

50mm




y

points cerclés = barycentres

crp
x
cra
cond
na
A
rh
C
ena
D2
go
T
A
pr
F
id
FACE
TOTALE
Ad
points cerclés = barycentres
pog
si

# SYSTÉMATISATION CRANIENNE PAR 4 SPHÈRES

La considération tridimensionnelle des ensembles majeurs constituant le squelette céphalique est à même de nous apporter des renseignements sur leur *position dans l'espace* orienté ainsi que sur l'importance des *volumes* en présence. Mais leur intérêt est aussi de nature *morphologique* en permettant de comparer chaque élément anatomique à un "solide" bien défini : la sphère.

Quatre sphères seront prises en considération : frontale (**F**), pariétale (**P**), ainsi que celles se rapportant au massif facial (**M**) et à la "face totale" (**T**) comprenant la mandibule en plus du massif facial. Des conventions précises ont dû être adoptées pour ces sphères, et l'essentiel sera d'en déterminer la position de leur centre et la valeur de leur rayon.

Bien entendu, rien n'est "strictement" sphérique, mais tout point du squelette céphalique pourra être situé relativement à l'une de ces sphères, par le calcul de sa distance : au centre de celle-ci et à sa surface. Cette distance sera notée négativement si le point est à l'intérieur de la sphère, positivement s'il est en dehors d'elle et nulle si ce point est à sa surface. La compréhension des formes est ainsi facilitée.

Les 2 premières sphères : frontale et bi-pariétale (qui est en fait bi-pariéto-occipitale), sont neurocraniennes et les 2 autres splanchnocraniennes. D'un point de vue "volumétrique" une comparaison s'imposera entre : d'une part, chaque sphère neurocranienne et, d'autre part la "capacité" mesurée sur les pièces anatomiques (par cubage classique, au blé millet). Quant aux 2 dernières, la notion de "capacité" splanchnocranienne est beaucoup moins classique et plus difficile à concevoir. Nous proposerons cependant une méthodologie simplifiée apportant des résultats comparables à ceux publiés par Hanzel (1977) qui a procédé par cubage de moulages, ainsi que par déplacement de liquide dans lequel il immergeait les os faciaux démontés (face et mandibule). Donc nous retrouverons la distinction entre le "contenant" et le "contenu", qui a dirigée aussi le raisonnement en considérant l'endocrâne et l'exocrâne.

Sans pouvoir ici entrer dans tous les détails, disons que les techniques d'établissement des sphères utilisent des *calculs* à partir des coordonnées vestibulaires des points (cf. fasc I). On a en outre rappelé d'autres procédés (trigonométriques) aboutissant aux mêmes résultats, mais sans faire usage des coordonnées (donc *sans orientation*). La "géométrie descriptive" peut même permettre une construction directe, au moins pour le neurocrâne.

Pour chaque stade ontogénique, une iconographie est apportée montrant la position et le contour des 4 sphères, sous trois incidences de l'espace vestibulaire , vues : latérale, antérieure et inférieure. D'autres éléments y ont été joints, sur lesquels on reviendra : contour de certains constituants du profil réel, direction occlusale, trou occipital, quadrilatère pariétal basal...

# La sphère frontale

Celle qui a été retenue est l'une des 6 qui avaient été testées pour schématiser le frontal, par P.Pélerin (1985); elle est "la moins éloignée" de la réalité anatomique. En effet, la "sphérisation" est bien moins nette pour le frontal que pour la région pariéto-occipitale, et notamment bi-pariétale. Il s'agit d'une sphère **endocranienne**, qui évite ainsi les aléas liés au sinus frontal. Il sera cependant possible de comparer les résultats avec ceux de la sphère bi-pariétale qui sera calculée sur l'exocrâne, mais subira secondairement une correction (par intervention de l'épaisseur de la voûte).

La sphère endocranienne que nous étudions ci-après passe, dans l'espace, par 4 points qui suffisent à la définir; 2 sont médians : le bregma interne (bri), le criblé antérieur (cra), et 2 autres sont latéraux : les ptérions (supposés symétriques). Les ptérions internes vrais

(pti) étant fort difficiles à retrouver avec précision, nous avons repris la technique de P.Pélerin, c'est à dire que les coordonnées x et y seront conventionnellement les mêmes que celles du ptérion externe (pt), mais le diamètre biptérique externe (p, utilisé dans la programmation pour le pariétal) sera diminué de 2 fois l'épaisseur (ép) moyenne, standardisée, de la voûte cranienne, au niveau du bregma. Pour le frontal endocranien, on utilisera donc pe = p - 2ép

## CALCULS AVEC ORIENTATION VESTIBULAIRE

En se basant donc uniquement sur les coordonnées des 3 points : bri, cra et pte (projeté sagittalement, la symétrie étant supposée réalisée), ainsi que la largeur pe, il suffit de les entrer dans la même programmation que celle qui sera utilisée pour le pariétal, pour obtenir d'emblée les résultats recherchés. Pour le frontal, l'ordre d'introduction est : cra (x puis y), bri (x puis y), pt (x puis y) et pe (alors que pour la sphère bi-pariétale, il sera :br x et y, L x et y, pt x et y, et p).

Les résultats concernent la position (x et y) du centre (F) de la sphère frontale endocranienne, le rayon (R) de celle-ci et aussi l'angle (θ) dièdre, compris entre les plans passant, à droite et à gauche, par les points bri, cra et ptérion (interne tel qu'on vient de le définir). Le centre de la sphère frontale interne décrit une courbe ontogénique qui s'incurve vers le bas dans sa partie terminale. Le rayon R va de 28 à 54 mm, du fœtus de 5 mois à l'adulte; donc il double pratiquement durant cette croissance. L'angle θ augmente relativement peu ; il est ouvert en bas et s'ouvre légèrement. Ses valeurs sont bien plus fortes (jusqu'à 136°) que celles qui seront trouvées plus loin au niveau des pariétaux (moins de 80°). Cela vient de ce que le ptérion est beaucoup plus rapproché du cra qu'il ne l'est du lambda (L).

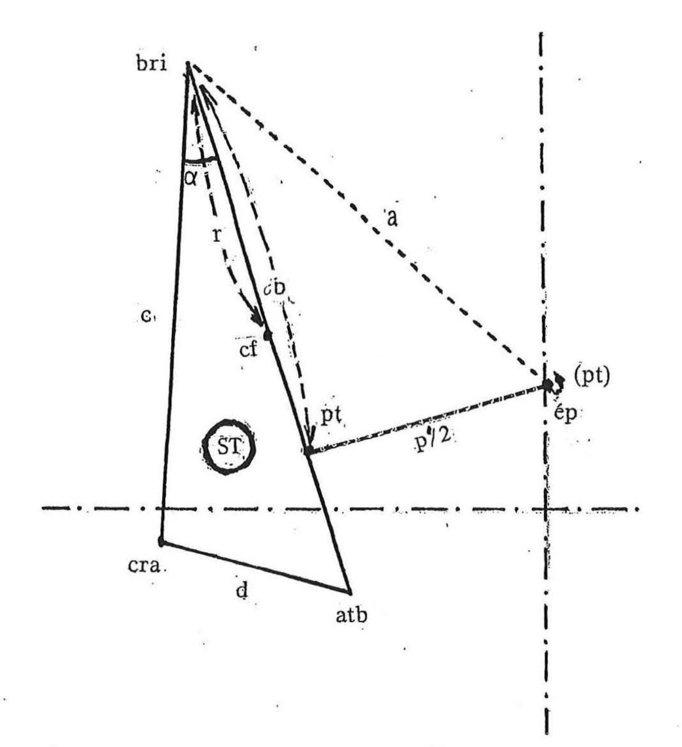
La comparaison entre le profil antérieur du frontal et la sphère frontale endocranienne montre que cette dernière en est plus proche dans la partie haute, bregmatique, que dans la partie basse, nasale. Le profil réel du frontal est en dedans le la sphère, en haut, et plus nettement en dehors, en bas (quelle que soit la table osseuse considérée). La médiocre qualité d'adaptation morphologique de la sphère frontale a suscité, lors d'autres publications (Fenart 1960...) une comparaison avec une portion de spirale d'Archimède.

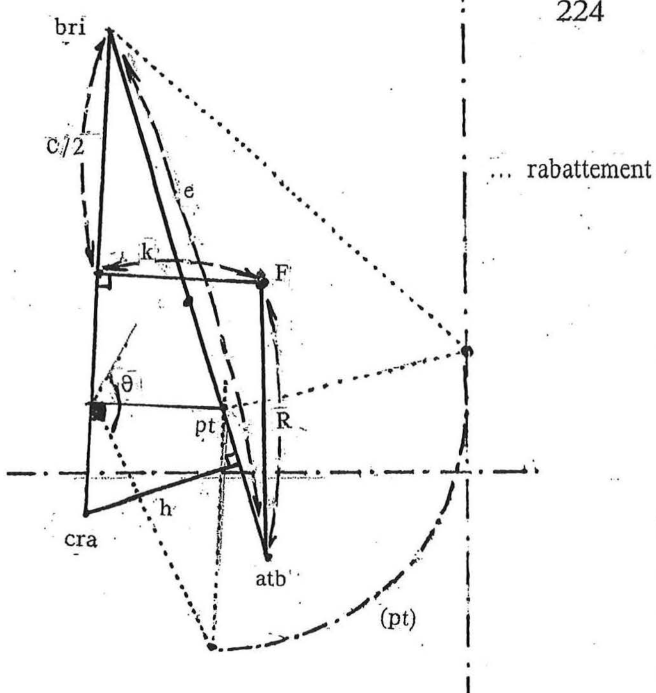
## CALCULS SANS ORIENTATION

Les **mêmes résultats** que les précédents sont aussi obtenus à partir de 5 paramètres : 3 distances, un angle et la valeur de l'épaisseur. Ils sont détaillés dans le tableau et l'iconographie joints, ainsi que la méthodologie employée (avec application au stade C). L'intérêt est ici de considérer, en plus des éléments de la sphère, la destinée du *cercle coronal*. C'est la frontière avec les pariétaux; il passe (tant sur l'endo. que sur l'exocrâne) par le bregma et les 2 ptérions.

La construction de la sphère frontale endocranienne nécessite obligatoirement celle du **cercle coronal** (ici, endocranien). Anatomiquement, il n'a pas d'existence "réelle" sous le niveau ptérique, mais il a été indispensable de définir le point atb ("anti-bregma") situé à l'extrémité basse du diamètre sagittal de ce cercle. Ce point est fictif, proche du pp (palatin postérieur) chez le fœtus, il arrive (malgré sa descente dans les axes d'orientation) à "remonter" jusqu'à l'extrémité antéro-inférieure du corps sphénoïdal, en décrivant une courbe concave en bas.

Le diamètre sagittal du cercle coronal avance, durant l'ontogénèse, et se redresse un peu. Ouvert en arrière et en haut, l'angle ainsi formé avec l'horizontale, passe de 104°en A à 94° chez l'adulte. Le centre (cf) du cercle progresse vers le haut et l'avant, de façon quasi-linéaire et son rayon (r) va de 26 à 52 mm; donc il double. L'angle α (entre son diamètre sagittal et le segment bri ↔ cra) varie peu; partant de 20° il arrive à 18°.




CALCUL DE R ET F SANS ORIENTATION - STADE C

Mode de calcul et de construction de la sphère frontale endocranienne, *sans orientation* (avec application au stade C)

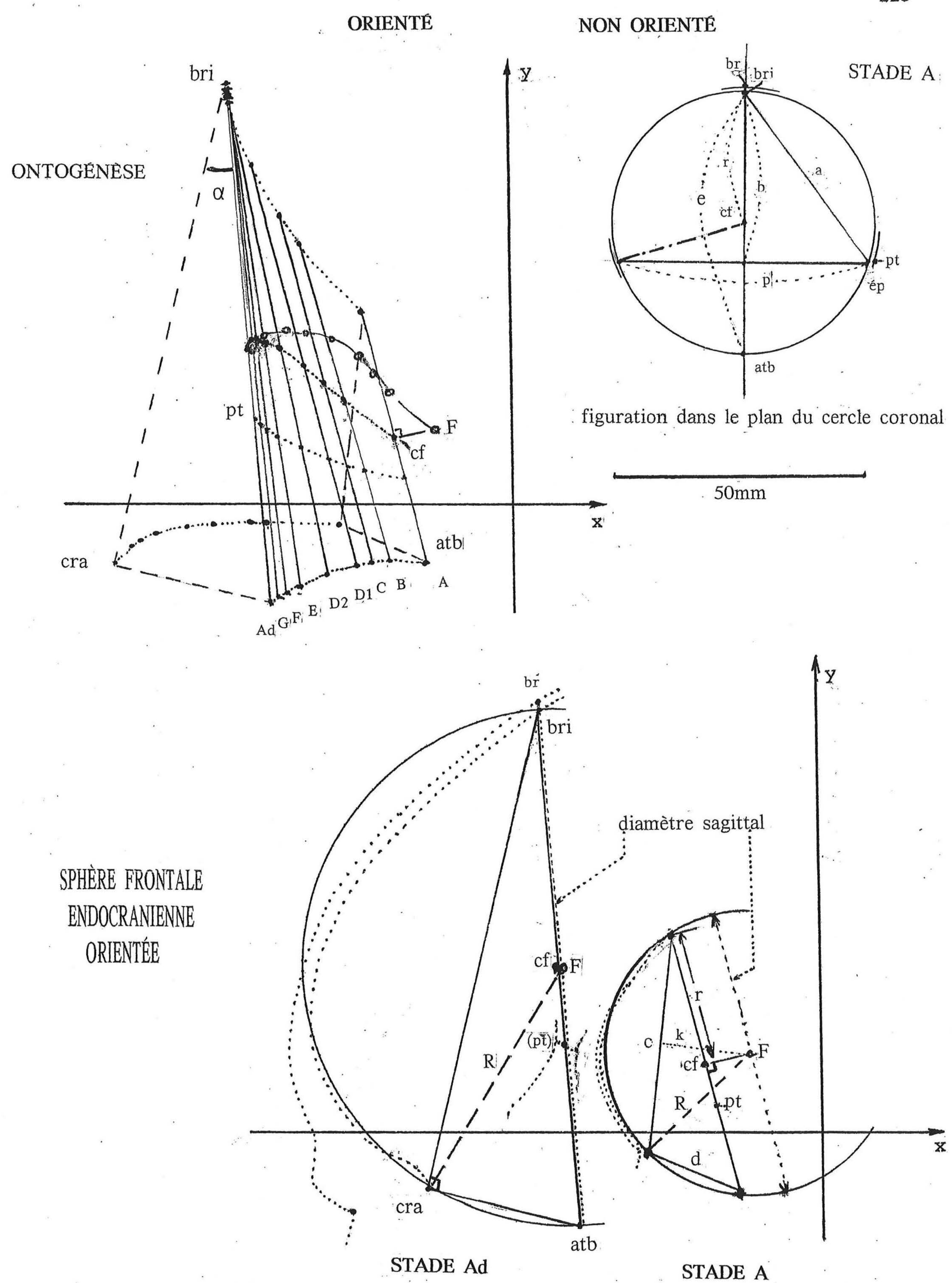
On part de 5 éléments :

pe = largeur bi-ptérique exocranienne = 2 × $z_{pt}$ ( = 68 )
ép = épaisseur moyenne de la voûte cranienne, standardisée pour chaque stade (= 1,5 en C)
b = projection sagittale du segment : bregma interne (bri) ↔ ptérion externe (pt) (= 50,35)
c = distance (sagittale) entre le bri et le criblé antérieur (cra = 62,13)
α = angle, en projection sagittale, centré en bri et dont les côtés passent par cra et pt(ext) (= 20°, et dont le cos = 0,9397 et le sin = 0,342)

Calculs à effectuer: (avec des mm et des degrés)

p' = pe - 2 ép = 65
a = racine de $b^2 + p^2/4$ = 59,93
r = $a^2$/racine de $4a^2 - p'^2$ = 35,66 ; c'est le rayon du "cercle coronal" endocranien centré en cf
e = 2r = 71,32, diamètre sagittal de ce cercle, dont l'extrémité inférieure est le point atb
d = racine de $c^2+e^2-2.c.e.\cos\alpha$ = 24,876 ; distance cra ↔ atb
h = c.sinα = 21,24, c'est la perpendiculaire abaissée de cra sur e
ST surface du triangle sagittal : bri ↔ cra ↔ atb ; elle est (en $mm^2$) égale à h.r = 757,7
R = c.d.e / 4 ST = 37,7 ; rayon de le sphère frontale endocranienne
k = racine de $R^2 - c^2/4$ = 20,8, ce qui fournit la position du centre F de cette sphère, sur la médiatrice de bri ↔ cra

(une autre méthode pour le calcul de ST) faire : m = (c+d+e)/2 = 79,16 , puis
ST = racine de m.(m-c).(m-d).(m-e) = 757,7


ORIENTÉ
NON ORIENTÉ
STADE A
ONTOGÉNÈSE
bri
α
y
br
bri
a
r
b
e
cf
pt
p
ép
atb
figuration dans le plan du cercle coronal
50mm
pt
F
cf
x
cra
atb
A
B
C
D1
D2
E
F
G
Ad
SPHÈRE FRONTALE
ENDOCRANIENNE
ORIENTÉE
br
bri
diamètre sagittal
cf
F
(pt)
R
cra
atb
y
r
c
k
F
cf
R
pt
d
x
STADE Ad
STADE A

| stade | sphère frontale interne F x | y | R | θ | cercle coronal cf x | y | r | atb x | y |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | -13 | 14 | 27,9 | 129 | -23 | 14 | 26,1 | -17 | -12 |
| B | -26 | 22 | 35,6 | 118 | -33 | 20,5 | 32,5 | -25 | -11 |
| C | -28 | 26 | 37,4 | 121 | -37 | 25 | 35,7 | -28 | -11,5 |
| D1 | -30 | 30 | 44,7 | 122 | -41 | 27 | 41,0 | -31 | -12 |
| D2 | -37 | 35 | 49,3 | 127 | -45 | 31 | 47,5 | -37 | -14 |
| E | -43 | 34 | 50,0 | 129 | -48 | 32 | 49,3 | -42 | -17 |
| F | -44 | 33 | 53,8 | 134 | -50 | 33 | 51,0 | -45 | -18 |
| G | -47 | 33 | 53,9 | 135 | -51 | 33 | 51,5 | -47 | -19 |
| Ad | -51 | 31 | 53,9 | 136 | -52 | 31 | 52,0 | -48 | -20 |

CALCULS AVEC ORIENTATION VESTIBULAIRE

| | | A | C | E | Ad |
|---|---|---|---|---|---|
| données | pe | 52 | 68 | 96 | 120 |
| | ép | 1,0 | 1,5 | 3,0 | 5,0 |
| | b | 33,47 | 50,35 | 70,70 | 66,30 |
| | c | 41,80 | 62,13 | 91,24 | 99,17 |
| | α | 20,5 | 20,0 | 18,0 | 18,0 |
| calculs effectués | p' | 50 | 65 | 90 | 110 |
| | a | 47,78 | 59,93 | 83,81 | 83,06 |
| | r | 26,1 | 35,7 | 49,3 | 52,0 |
| | e | 52,14 | 71,32 | 99,34 | 104,02 |
| | d | 19,57 | 24,88 | 30,90 | 32,18 |
| | h | 14,63 | 21,24 | 28,19 | 30,64 |
| | ST | 381,80 | 757,69 | 1401,95 | 1595,00 |
| | R | 27,9 | 37,4 | 50,0 | 53,9 |
| | k | 18,53 | 20,83 | 20,46 | 18,71 |
| | m | 56,76 | 79,16 | 110,74 | 117,68 |

EXEMPLES D'APPLICATIONS DES CALCULS, SANS ORIENTATION

| | capacité cubée | R cub. | R |
|---|---|---|---|
| A | 120 | 30,56 | 27,9 |
| B | 301 | 41,51 | 35,6 |
| C | 446 | 47,32 | 37,4 |
| D1 | 700 | 54,98 | 44,7 |
| D2 | 995 | 61,82 | 49,3 |
| E | 1159 | 65,04 | 50,0 |
| F | 1268 | 67,02 | 53,8 |
| G | 1290 | 67,40 | 53,9 |
| Ad | 1388 | 69,06 | 53,9 |
| | $cm^3$ | mm | mm |

Dans le triangle auquel le cercle coronal est circonscrit, la largeur (p) est plus que doublée ( de 50 elle atteint 110mm ), et les côtés latéraux (a) passent de 48 à 83mm, et ceci, dès le stade E.

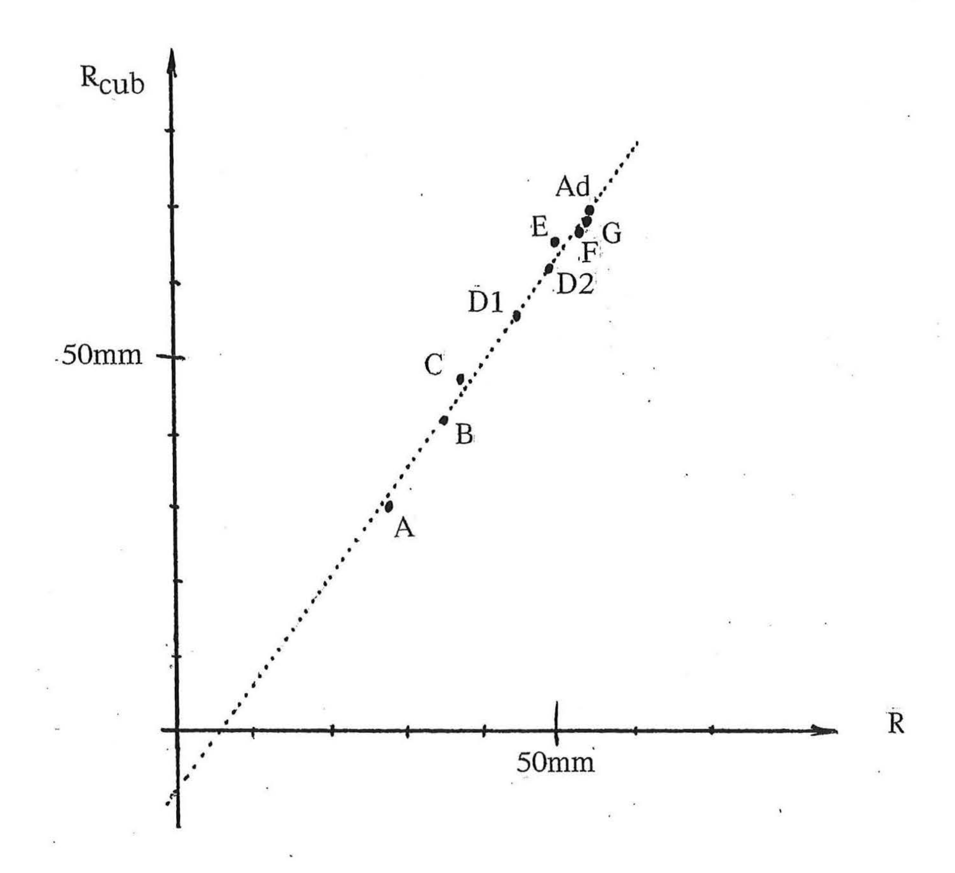
Le centre (**F**) de la sphère frontale endocranienne avance en s'élevant jusqu'en D2 (2 ans), puis redescend légèrement ; sa distance (k) à la corde bri↔cra reste pratiquement inchangée (de 18 à 20mm), mais il est remarquable que les trajets ontogéniques de F et de cf se rejoignent chez l'adulte. Cela signifie que le centre de la sphère, d'abord situé en arrière du cercle coronal, arrive finalement sur lui; donc, la partie "utile" de la sphère (en celle qui est située en avant du cercle coronal), d'abord simple "calotte sphérique", devient alors hémisphérique.

SPHÈRE FRONTALE ET CAPACITÉ CRANIENNE

Divers essais d'approximation de la capacité endocranienne (totale) à partir de la seule connaissance d'éléments frontaux ont été proposés (dans les références citées précédemment), ce qui pourrait être utile lors de certaines recherches paléontologiques. Nous proposons maintenant le suivant: Reprenant les valeurs de R, nous allons les comparer à celles du rayon ($R_{cub}$) d'une sphère théorique qui aurait le même volume moyen que la capacité réelle obtenue par cubage. Une relation de "régression" peut être calculée entre ces deux séries de rayons (d'où il sera possible ensuite de remonter jusqu'à la notion de volume). On arrive à :

$$R_{cub} = 1,424\ R - 8,242$$

par exemple, un rayon (R) de la sphère frontale endocranienne, de 45mm, chez un enfant d'environ 8 mois, répondrait à un rayon ($R_{cub}$ = 55,84) d'une sphère théorique égale à un cubage probable de 729 $cm^3$ (à comparer aux 700 $cm^3$ , moyenne du stade D1). Un calcul identique fournirait, pour l'adulte moyen, une capacité de 1347 $cm^3$, alors que le cubage direct donne une moyenne de 1388 $cm^3$ dans la population considérée.



# La sphère bi-pariétale

Elle est déterminée, dans l'espace, à partir de 2 points impairs : le bregma et le lambda, et d'une paire de points latéraux : les ptérions. Tous ces points sont **exocraniens**. Cette sphère peut être soit construite soit calculée, sans ou avec orientation vestibulaire.

CALCULS SANS ORIENTATION

(n.b. le symbolisme utilisé pour désigner les paramètres est indépendant de celui employé pour la sphère frontale).

Les mensurations sont ici prises directement sur le crâne, (par exemple à l'aide du sphéropariétomètre de ma conception), sans passer par des coordonnées.

On part des éléments suivants :
- la longueur du segment bregma ⇔ lambda ( S )
- celle du segment ptérion ⇔ bregma, mesurée dans l'espace (C)
- la flèche de l'arc coronal prise jusqu'à sa rencontre avec la suture coronale, et dont la corde est le segment précédent (unilatéralement) (f)
- l'angle : ptérion ⇔ bregma ⇔ lambda, mesuré dans l'espace ($\beta$)

On calcule : $E = C^2 + 4f^2$ et $F = C^2 - 4f^2$
puis, on établit une fraction dont le numérateur est : $E^2 ( S^2 + C^2 - 2CS \cos \beta) - S^2 F^2$
et le dénominateur est : $E^2 \sin^2\beta - F^2$
On prend la racine du résultat obtenu, de la fraction précédente, puis on divise par 2.
Ainsi est obtenu le rayon R de la sphère bi-pariétale.
La position du centre de cette sphère se juge relativement à bregma-lambda ( sur sa médiatrice), par exemple en traçant 2 cercles de rayon R, à partir des extrémités de ce segment, ou encore en calculant l'écart h qu'on obtient par la racine de : $R^2 - S^2/4$.

Application à l'adulte moyen (Ad). avec S = 110,5486 C = 92,0977 f = 22,8 et $\beta$ = 81°,1749. Le rayon est de R = 73,7 ; et le centre se trouve à h' = 47,68 de br ⇔ L, sur la médiatrice de ce segment. (les unités sont en mm et en °). Ces résultats sont évidemment conformes à ceux obtenus comme suit:

CALCULS AVEC ORIENTATION VESTIBULAIRE

Les coordonnées X et Y du Bregma, du Lambda, du Ptérion ainsi que le diamètre bi-ptérique, p, sont à la base du calcul. (Il est également possible d'utiliser la cote Z du Ptérion, à la place du diamètre bi-ptérique en faisant Z = p/2).

On fait :

$K = Y_{Br} - Y_{Pt}$ $L = X_{Pt} - X_{Br}$

$M = X_L - X_{Br}$ $N = Y_{Br} - Y_L$

puis :

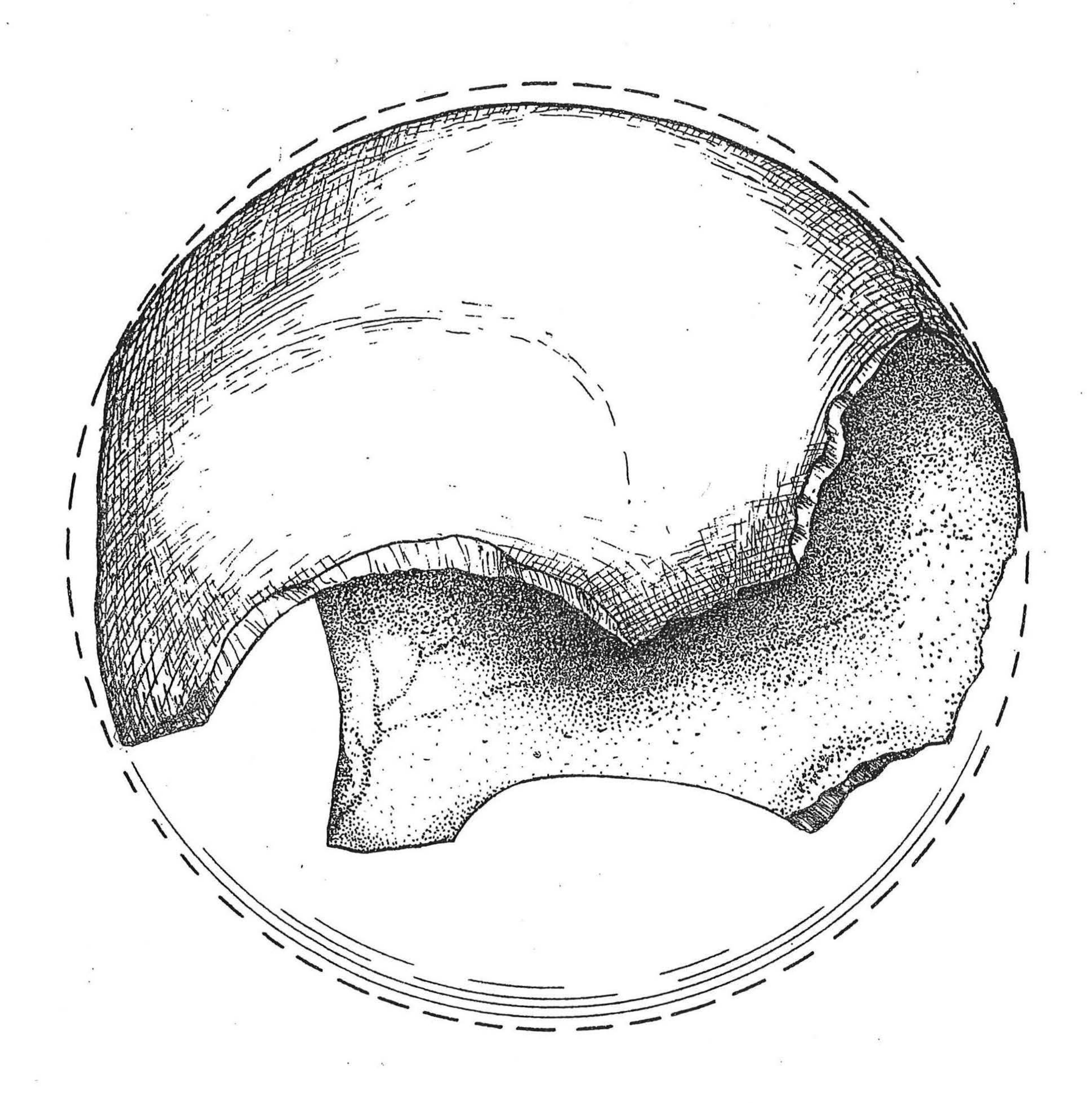
$G = K^2 + L^2 + \frac{p^2}{4}$ $H = M^2 + N^2$

$i = KN + LM$ $J = KM - LN$

et enfin :

$U = G(G + H - 2i)$ $V = 4J^2 + p^2H$

$W = 4J^2 - p^2H.$ $T = U - \frac{V}{4}$



La voûte bi-pariétale et la sphère bi-pariétale

**Rayon (R) de la sphère.**

Sa valeur est obtenue par la formule :

$$R = \frac{\sqrt{H}}{2J} \sqrt{U - \frac{p^2 H}{4}}$$

**Coordonnées ($X_P$ et $Y_P$) du centre de la sphère.**

Elles résultent des formules suivantes :

$$X = X_L - \frac{M}{2} - \frac{N}{2J} \sqrt{T}$$

et

$$Y = Y_{Br} - \frac{N}{2} - \frac{M}{2J} \sqrt{T}$$

**Angle (θ') inter-pariétal.**

Il est fourni par sa tangente :

$$tg\,\theta' = \frac{4\,J\,p\sqrt{H}}{W}$$

Le rayon de la sphère bi-pariétale s'accroît de 32,5 à 73,7 mm, donc il est nettement plus que doublé du stade A à l'adulte. La position de son centre P reflète la quasi-immobilité du bregma , dans les derniers stades, contrastant avec la poursuite de l'élargissement bi-ptérique ; il s'élève puis redescend un peu à partir du stade E. L'angle dièdre θ', inter-pariétal, compris entre les plans passant par les points bregma, lambda et les ptérions, et dont le sommet est sur l'arête bregma ↔ lambda, s'accroit assez régulièrement (de 65 à 78°).

La distance spatiale d'un point craniométrique, à la sphére, peut être facilement calculée, connaissant ses 3 coordonnées vestibulaires et les 2 coordonnées du centre P. En déduisant la valeur du rayon qui a été calculé pour chaque stade, on obtient l'écartement (δ) du point ralativement à la surface sphérique. Elle est comptée négativement pour un point à l'intérieur de la sphère, et positivement s'il est au dehors d'elle.

C'est ainsi que l'astérion, d'abord dans la sphère, arrive progressivement à la surface de celle-ci, et il en est pratiquement de même pour d'autres points du pariétal (comme cela a été montré lors de publications antérieures); certains points de l'occipital voient aussi leur position comparée à cette même sphere (qui, à ce point de vue peut mériter le qualificatif de "pariéto-occipitale"); c'est le cas de l'inion. D'abord interne à la surface (de 2 mm), il lui devient externe après la naissance, pour s'en éloigner de 3 à 4 mm chez l'adulte.

Les précédentes considérations attirent l'attention sur les modifications ontogéniques de la forme d'un "quadrilatère basal" de la voûte bi-pariétale, entre les ptérions et les astérions. La direction ptérion ↔ astérion, d'abord oblique, finit par s'horizontaliser, à 17mm au-dessus du plan vestibulaire. Par ailleurs, le bi-astérique devient égal au bi-ptérique. La voûte bi-pariétale de l'adulte va ainsi reposer sur un rectangle horizontal dont les 4 sommets sont sur un cercle horizontal faisant partie de la sphère, mais située en dessous du centre P; son rayon est donc plus faible que celui calculé précédemment ( 73,7). La somme des valeurs absolues des abscisses du pt et de l'ast. est 50 + 39 = 89mm, et le z de pt étant 57, le rayon du cercle "basal" du pariétal est la racine de $(89)^2/4 + (57)^2$ = 72,3mm et son centre a la même projection horizontale que celui de la sphère, et à une hauteur de y = +17mm.

SPHÈRE PARIÉTALE ENDOCRANIENNE

Connaissant la valeur du rayon exocranien ($R_p$) précédemment calculé, il est facile de passer à l'endocrane en déduisant l'épaisseur (ép) moyenne de la voûte cranienne. Le volume de la sphère endocranienne en découle. Il est apporté dans le tableau joint (V.Cal.). On a, en outre, rappelé la valeur du cubage réel moyen (cap) se rapportant à chaque stade ontogénique. Ces deux séries sont pratiquement **identiques**. Il n'est donc nul besoin de calculer une fonction de "régression", une comparaison directe suffit.

AUTRES CONSIDÉRATIONS

A titre indicatif, un rapport ($R_p/R_f$) a été calculé entre le rayon de la sphère pariétale et celui de la sphère frontale, pour chaque stade. Il demeure peu variable, mais s'accroit légérement (de 1,2 chez l'embryon, à 1,36 chez l'adulte).

Enfin, rappelons une constatation déjà évoquée lors de l'étude du plan d'occlusion, et qui évoque l'existence de relations neuro-splanchnocraniennes; ce plan arrive, chez l'adulte à devenir tangent à la sphère bi-pariétale (exocranienne), en un point où le rayon qui y aboutit, passe par le centre du trou occipital. Cela n'est pas réalisé dans les stades plus jeunes, où le plan d'occlusion coupe la sphère à une profondeur (ho) qui augmente d'abord (de 13 à 18mm, jusqu'au stade E), puis diminue et finit par s'annuler (chez l'adulte). Cela traduit la différence des vitesses de croissance entre le crâne (qui atteint assez vite ses limites) et la face (qui poursuit plus longtemps son développement).

| | P | | $R_p$ | θ' | δ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | x | y | | | ast | I |
| A | -4,7 | 15,3 | 32,5 | 65 | -5 | -2 |
| B | -6,1 | 26,8 | 44,3 | 66 | -5 | -1,5 |
| C | -6,2 | 31,2 | 48,8 | 67 | -4 | +1 |
| D1 | -6,6 | 34,9 | 56,7 | 67 | -2 | +3 |
| D2 | -7,6 | 40,2 | 63,3 | 68 | -1 | +5 |
| E | -8,6 | 40,2 | 66,7 | 69 | -0,8 | +5 |
| F | -8,1 | 36,7 | 70,1 | 71 | 0 | +4 |
| G | -7,8 | 36,5 | 71,2 | 74 | 0 | +4 |
| Ad | -6,8 | 35,0 | 73,7 | 78 | 0 | +3 |

| | ép | V.cal. | cap. | ho | $R_p/R_f$ |
|---|---|---|---|---|---|
| A | 1 | 131 | 120 | 13 | 1,16 |
| B | 1 | 340 | 301 | 13 | 1,24 |
| C | 1,5 | 443 | 446 | 14 | 1,30 |
| D1 | 2 | 685 | 700 | 16 | 1,27 |
| D2 | 2 | 965 | 995 | 18 | 1,28 |
| E | 3 | 1083 | 1159 | 16 | 1,33 |
| F | 3,5 | 1237 | 1268 | 13 | 1,30 |
| G | 4 | 1271 | 1290 | 10 | 1,32 |
| Ad | 5 | 1358 | 1388 | 0 | 1,36 |

# Les sphères faciales

Au nombre de 2, elles concernent le massif facial (**M**) et la face "totale" (**T**). L'établissement de ces sphères est basé, dans le plan sagittal ou en projection sur lui, sur des surfaces (S) dont les limites et les définitions ont été apportées dans le chapitre précédent. On utilise, en outre, la cote (z) d'un point pair (avec symétrie supposée réalisée); il s'agit, pour **M**, du point (mac), le plus latéral de l'arcade alvéolaire maxillaire, et pour **T** du point (zm) le plus latéral de l'arcade zygomatique.

A partir de ces éléments, les **conventions** suivantes ont été appliquées : un ellipsoïde dont la section médiane aurait la même surface que S (définie plus haut), et dont le demi-axe transverse serait égal à z, a pour volume V = 4/3 S.z . On recherche alors quel est le rayon de la sphère qui aurait ce même volume. R = racine cubique de S.z / π. On convient, en outre de positionner, par ses coordonnées vestibulaires, le centre de cette sphère, au barycentre déjà établi lors des recherches de surfaces.

Par exemple : pour la sphère **M** de l'adulte, S = 29,74 $cm^2$ , $z_{mac}$ = 32 mm . Le volume est de 126,89 $cm^3$, R = 31 mm, le centre est à x = -60,5 mm et à y = -39,7 mm.
pour la sphère **T** de l'adulte, S = 60,10 $cm^2$ , $z_{zm}$ = 63 mm. Le volume est de 504,84 $cm^3$ , R = 49,4 mm, le centre est à x =-44 mm et à y = -55 mm.

Dans le tableau joint, il importe de bien noter que les **unités employées** sont des mm pour les éléments linéaires, des $cm^2$ pour les surfaces et des $cm^3$ pour les volumes.

Un rapport $R_T$ / $R_M$ entre les rayons des 2 sphères faciales montre que, à part une valeur un peu plus faible (1,2) au stade A, une stabilisation s'observe ensuite aux environs de 1,5 jusqu'au stade D1, pour arriver à 1,6, sans doute par accroissement privilégié de la mandibule relativement au massif facial.

Au moins en ce qui concerne la face totale (**T**) de l'adulte, nos résultats peuvent être comparés à ceux obtenus par d'autres auteurs (Hanzel-1977, Bécart- 1983) qui procédaient par cubages splanchnocraniens. Il en résulte que le volume que nous avons calculé répond au "contenu" facio-mandibulaire, auquel il faudrait ajouter environ 80 $cm^3$ pour avoir la valeur du "contenant". Mais, bien entendu, compte tenu des conventions qu'il faut obligatoirement adopter, la sécurité des résultats faciaux ne vaut pas celle des résultats craniens, pour l'appréciation des volumes! On peut dire simplement que la capacité cranienne vaut environ 2 fois et demie le "contenu" facial total.

Les sphères **M** et **T** ont été ajoutées à l'iconographie concernant les 2 autres (**F** et **P**), à tous les stades ontogéniques. Les trajets des centres des 4 sphères étudiées ont été comparés, et il est remarquable de noter que la droite joignant celui de **P** à celui de **M** fait, avec l'horizontale vestibulaire, un angle (ouvert en arrière), de 54°, constant malgré le trajet complexe de ces 2 centres ( autre argument en faveur de l'existence de relations pariéto-faciales, déjà évoquées à propos du plan d'occlusion). Par contre la direction comprise entre les centres **F** et **T** se relève nettement, l'angle augmente nettement, de plus de 30°, pour arriver à 94°.

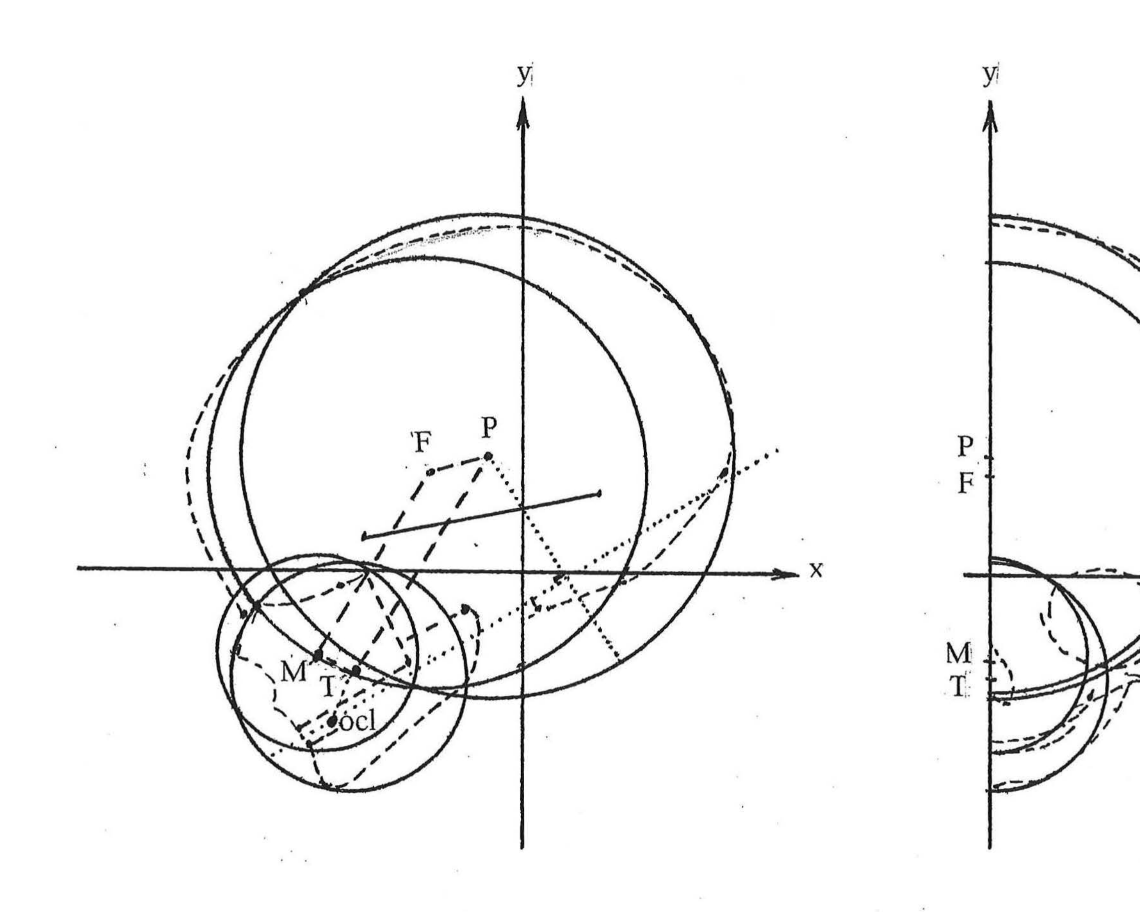
La position des points mac et zm est précisée dans nos figures. Rappelons qu'il est généralement admis que la largeur mesurée au maximum de l'arcade zygomatique est le double de la largeur alvéolaire maximale du maxillaire. Cela est pratiquement vérifié, à tous les stades ontogéniques

| | M | | | T | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | S | $z_{mac}$ | R | S | $z_{zm}$ | R | $R_T / R_M$ | $z_{zm} / z_{mac}$ |
| A | 2,90 | 13 | 13,2 | 4,90 | 25 | 15,6 | 1,18 | 1,92 |
| B | 5,50 | 16,5 | 13,9 | 9,87 | 30 | 21,4 | 1,53 | 1,82 |
| C | 6,85 | 18 | 15,7 | 12,25 | 35 | 23,9 | 1,52 | 1,94 |
| D1 | 7,50 | 20 | 18,0 | 15,00 | 40 | 28,0 | 1,55 | 2,00 |
| D2 | 11,75 | 22 | 20,0 | 24,40 | 43 | 32,3 | 1,61 | 1,95 |
| E | 15,00 | 24,5 | 22,4 | 32,50 | 47 | 36,6 | 1,63 | 1,92 |
| F | 18,65 | 27 | 25,2 | 42,30 | 52 | 41,6 | 1,65 | 1,93 |
| G | 22,23 | 29 | 27,1 | 48,40 | 57 | 44,3 | 1,63 | 1,97 |
| Ad | 29,74 | 32 | 31,0 | 60,10 | 63 | 49,4 | 1,59 | 1,97 |
| unités | $cm^2$ | mm | mm | $cm^2$ | mm | mm | | |

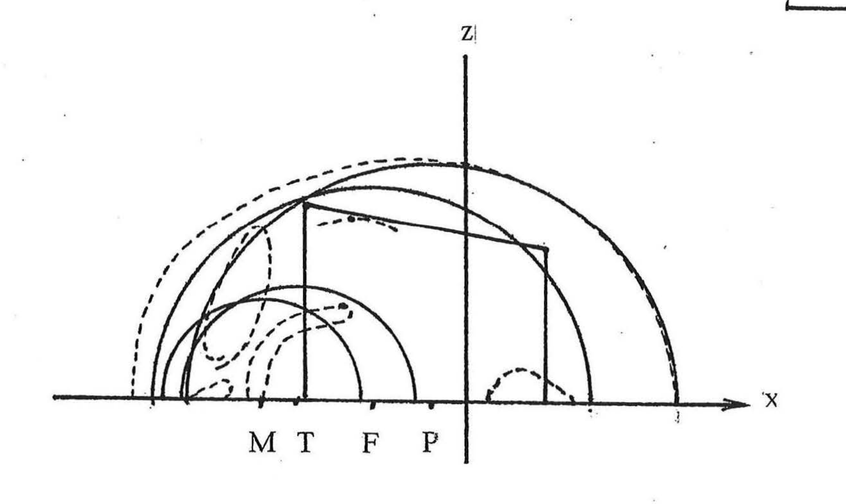
PARAMÈTRES POUR CALCULER LES RAYONS (R) DES SPHÈRES FACIALES
RAPPORTS ENTRE LES RAYONS DES 2 SPHÈRES
ET DES COTES (z) DES POINTS LATÉRAUX UTILISÉS

## Aperçu phylogénique

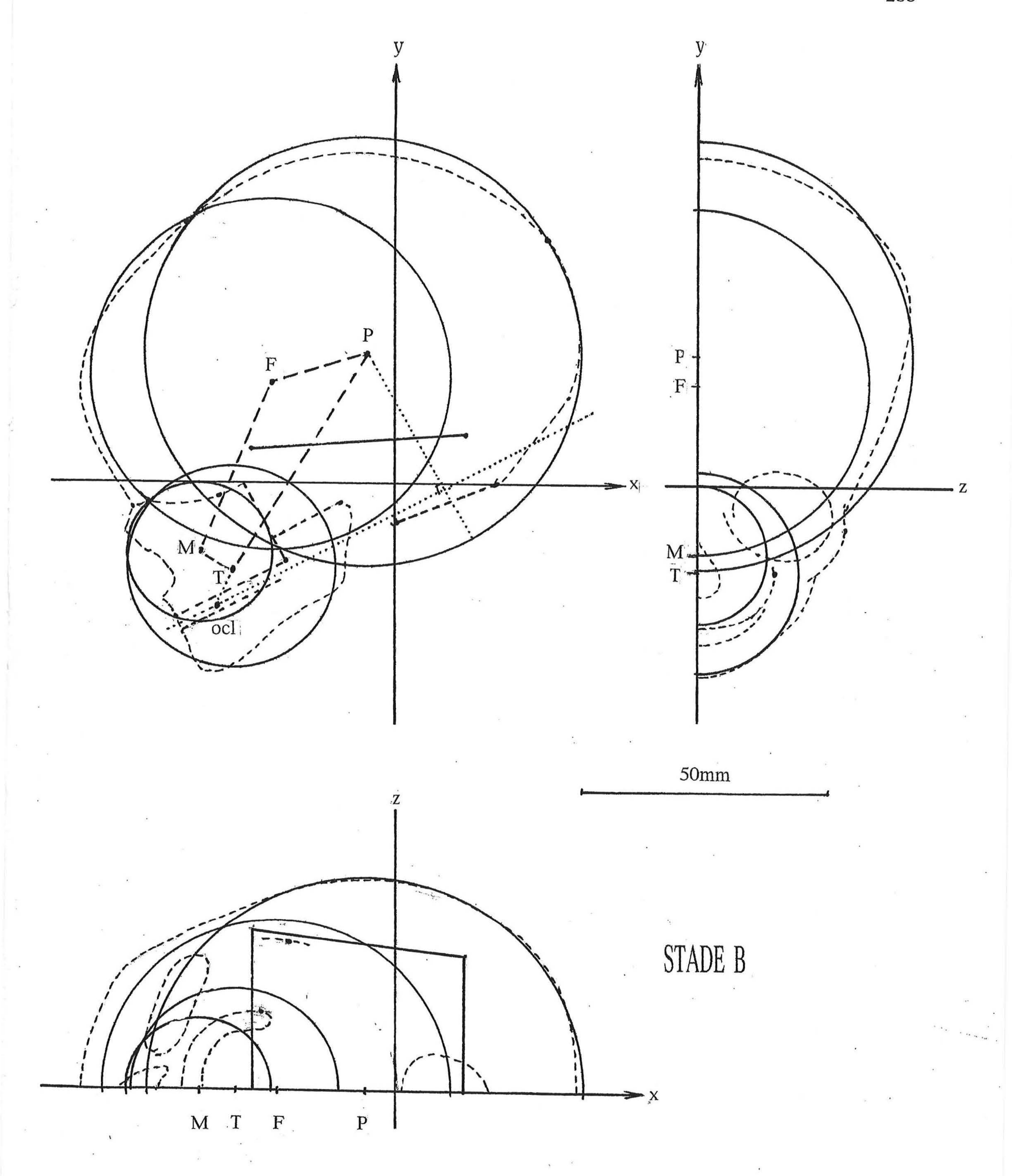
Les 4 sphères qui ont été calculées et tracées sur les deux espèces de chimpanzés adultes moyens : *Pan paniscus ete Pan troglodytes* sont représentées selon les 3 incidences vestibulaires . A cause de l'identité entre des éléments angulaires de ces Primates et ceux de l'*Homo sapiens* concernant les centres **P**, **F**, **M**, **T**, et les segments qui les unissent (particulièrement le segment **P↔M** ), et aussi par leurs rapports positionnels avec des points ostéométriques de la face et de la mandibule (si, go, cm...) d'autres publications seront nécessaires, car elles sortent du cadre strict du présent travail, centré sur l'ontogénèse humaine.



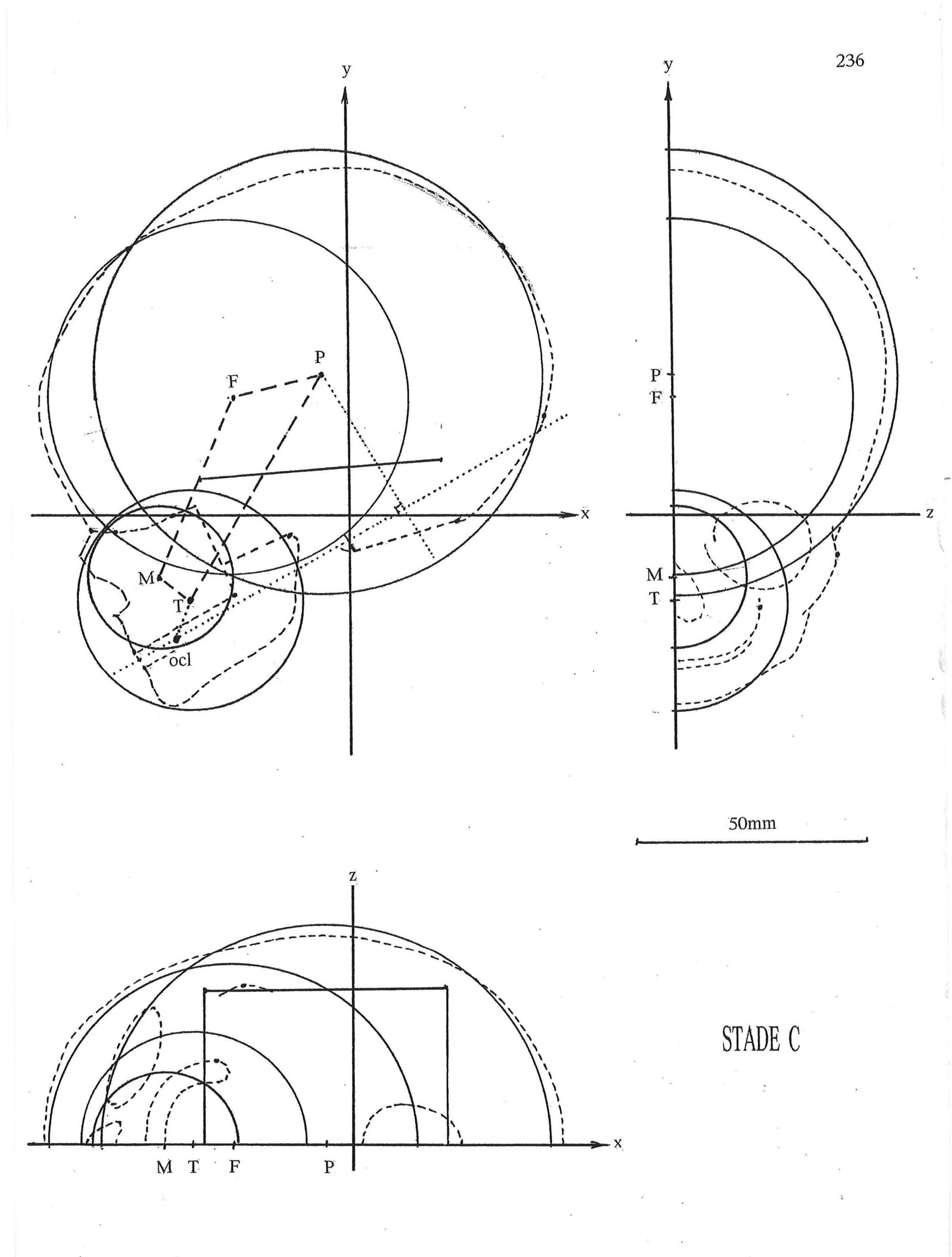

50mm

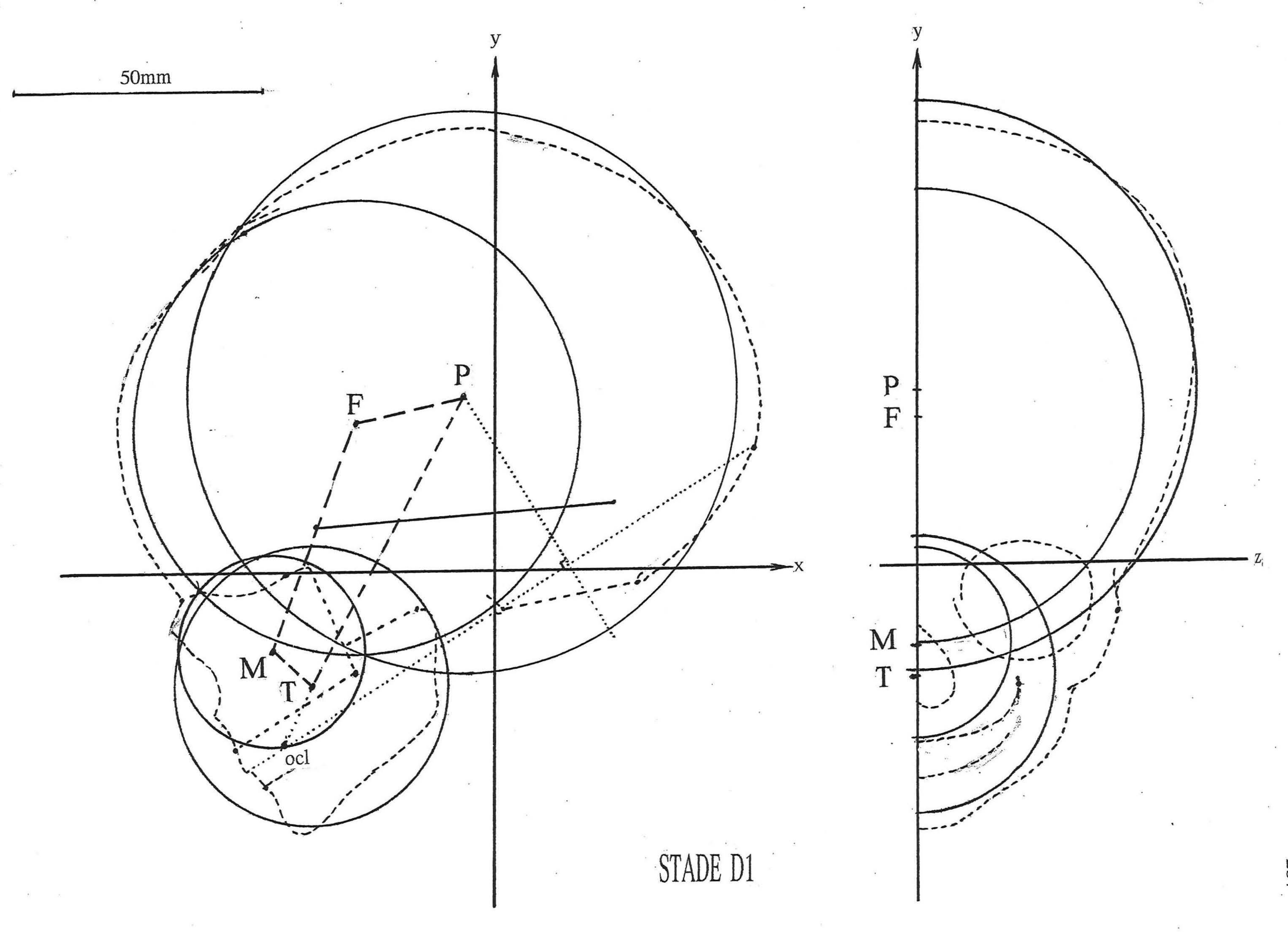


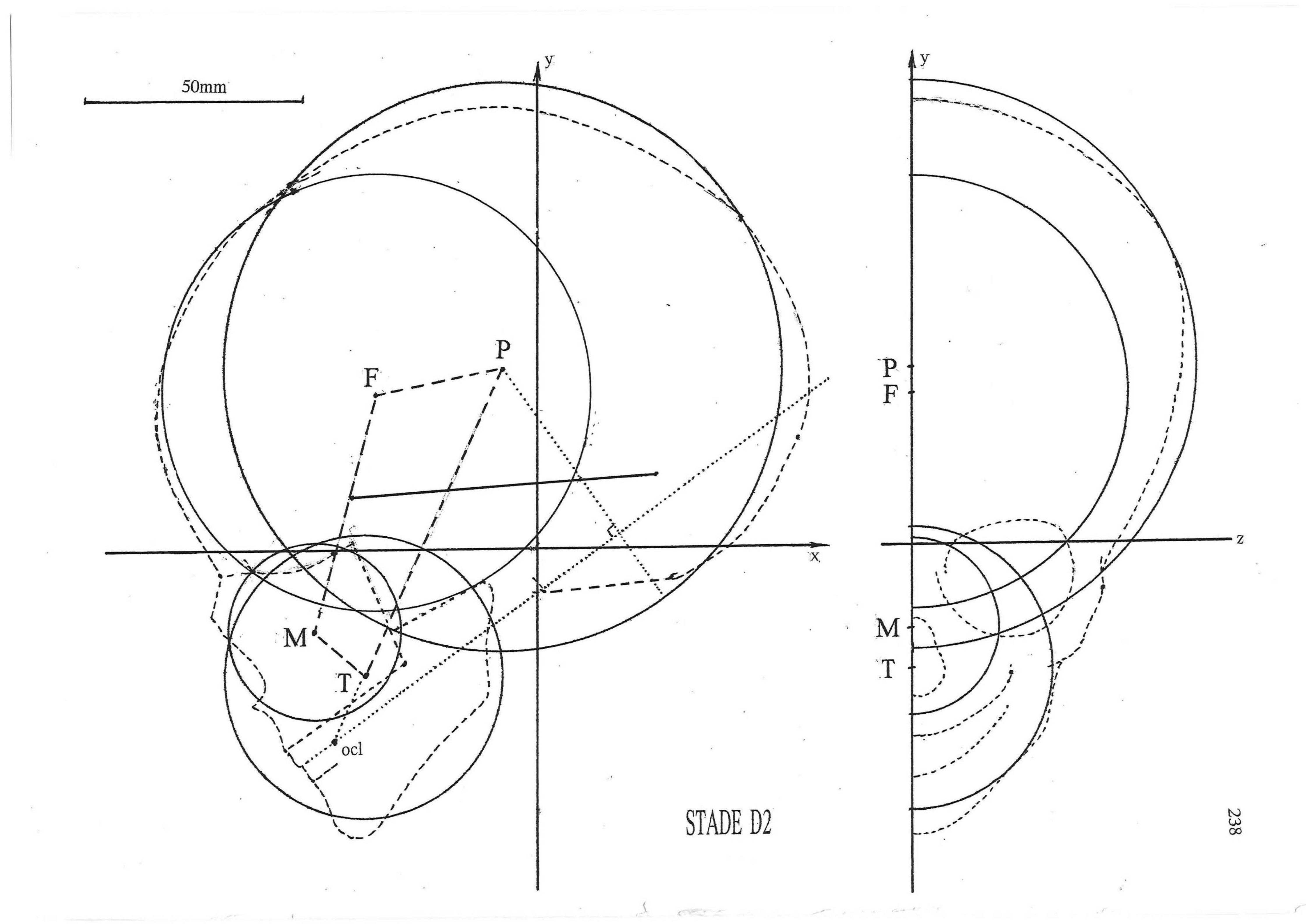

STADE A

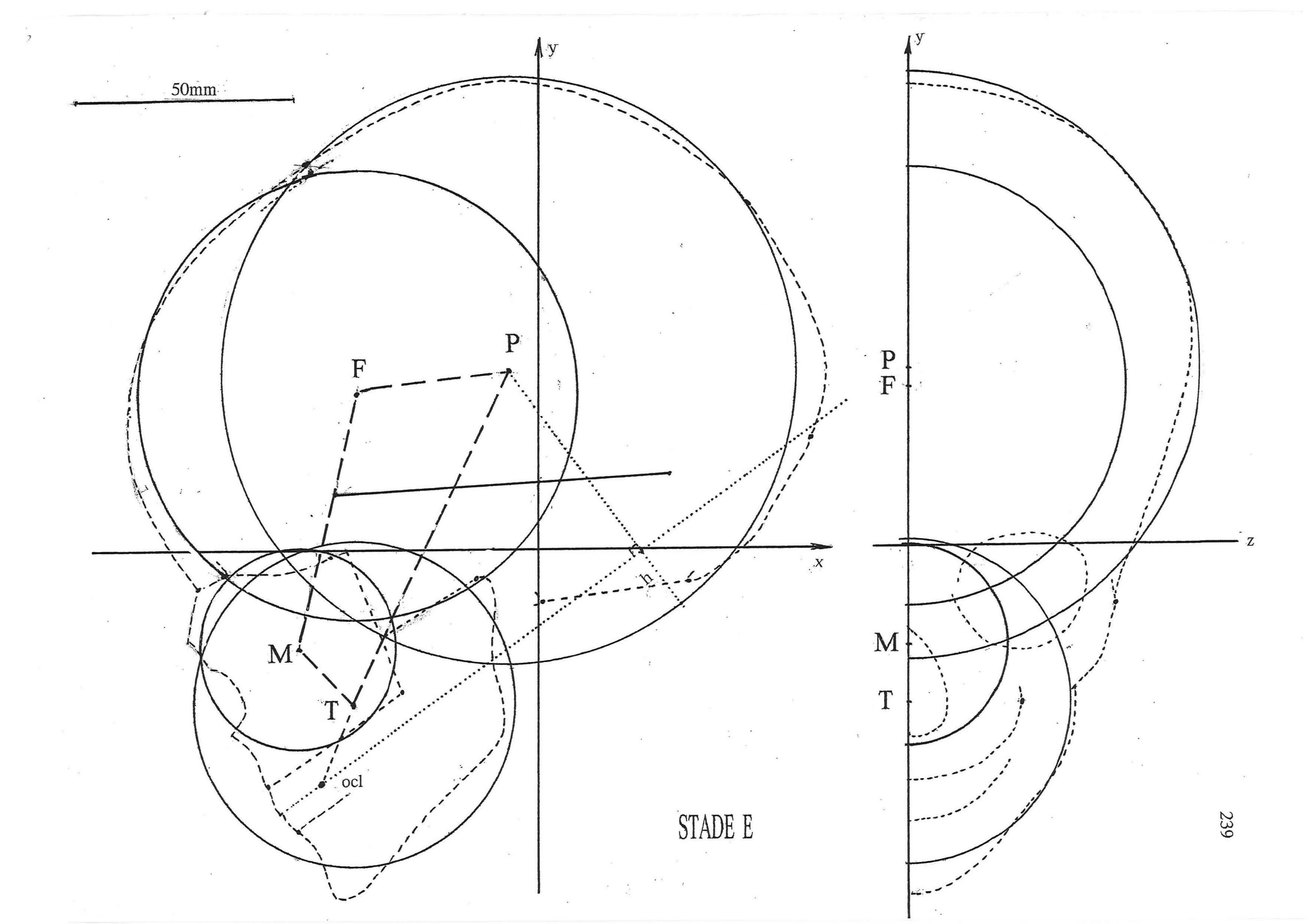


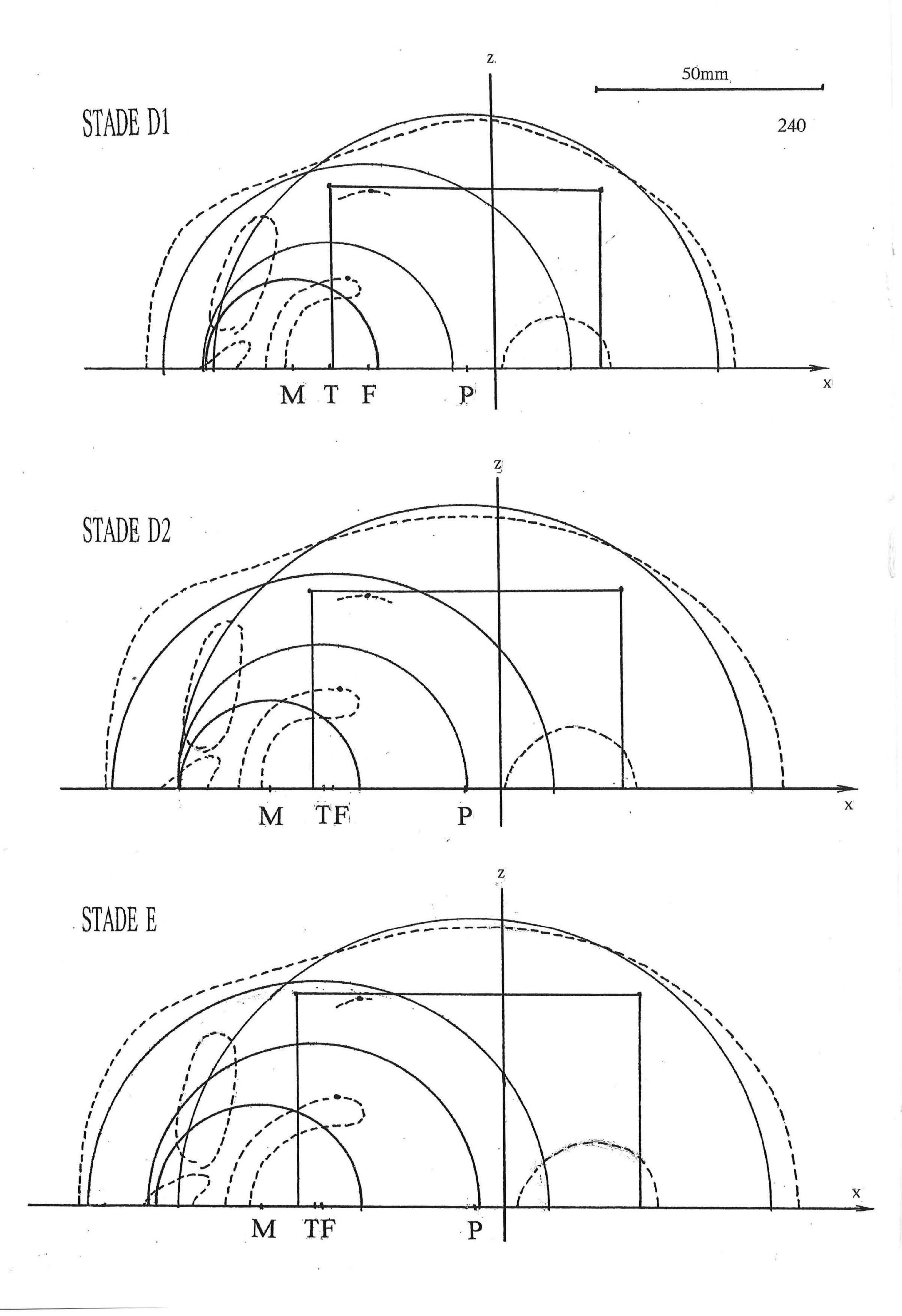

STADE B

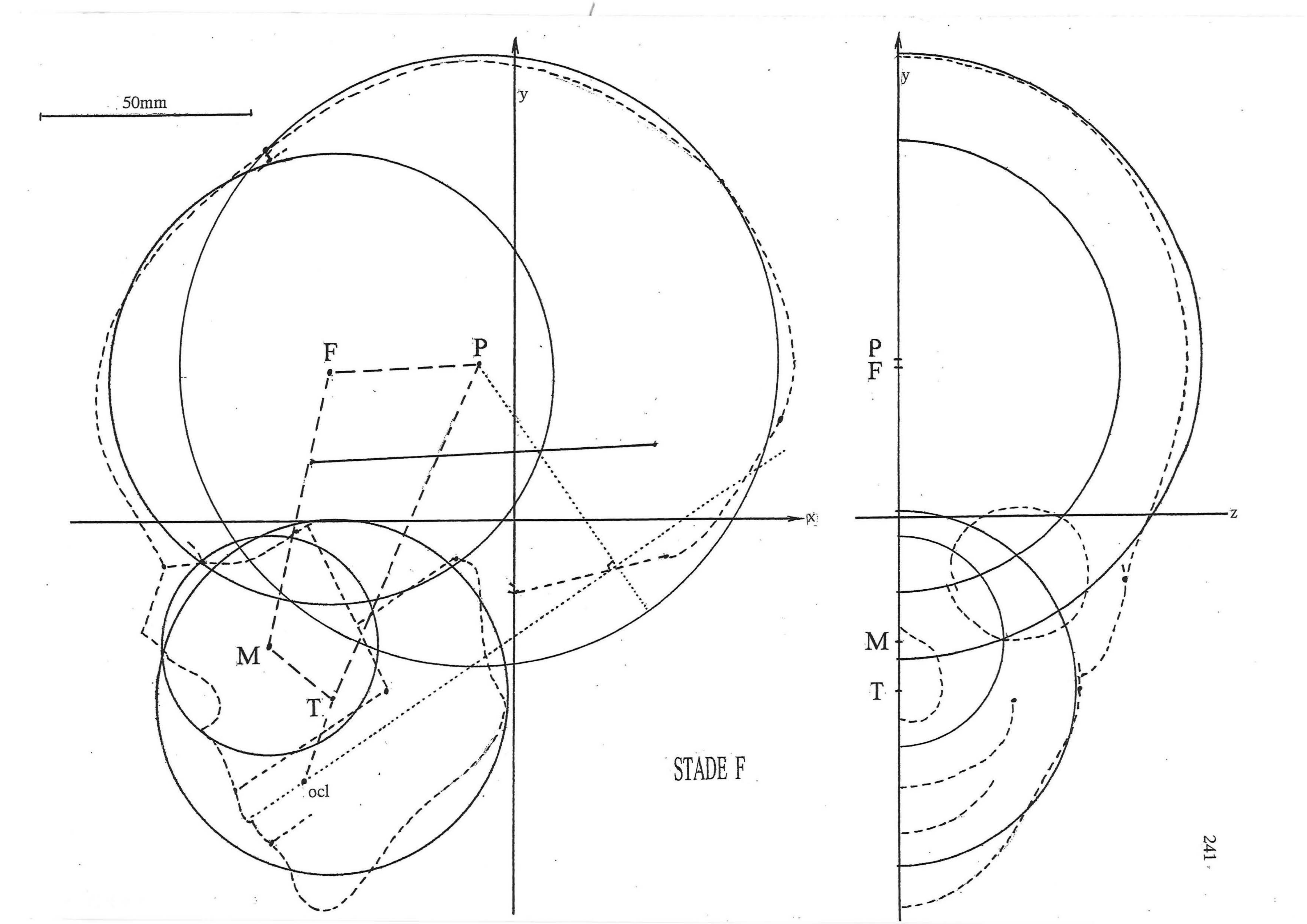

y
x
P
F
M
T
ocl
y
z
P
F
M
T
50mm
z
x
M
T
F
P
STADE C

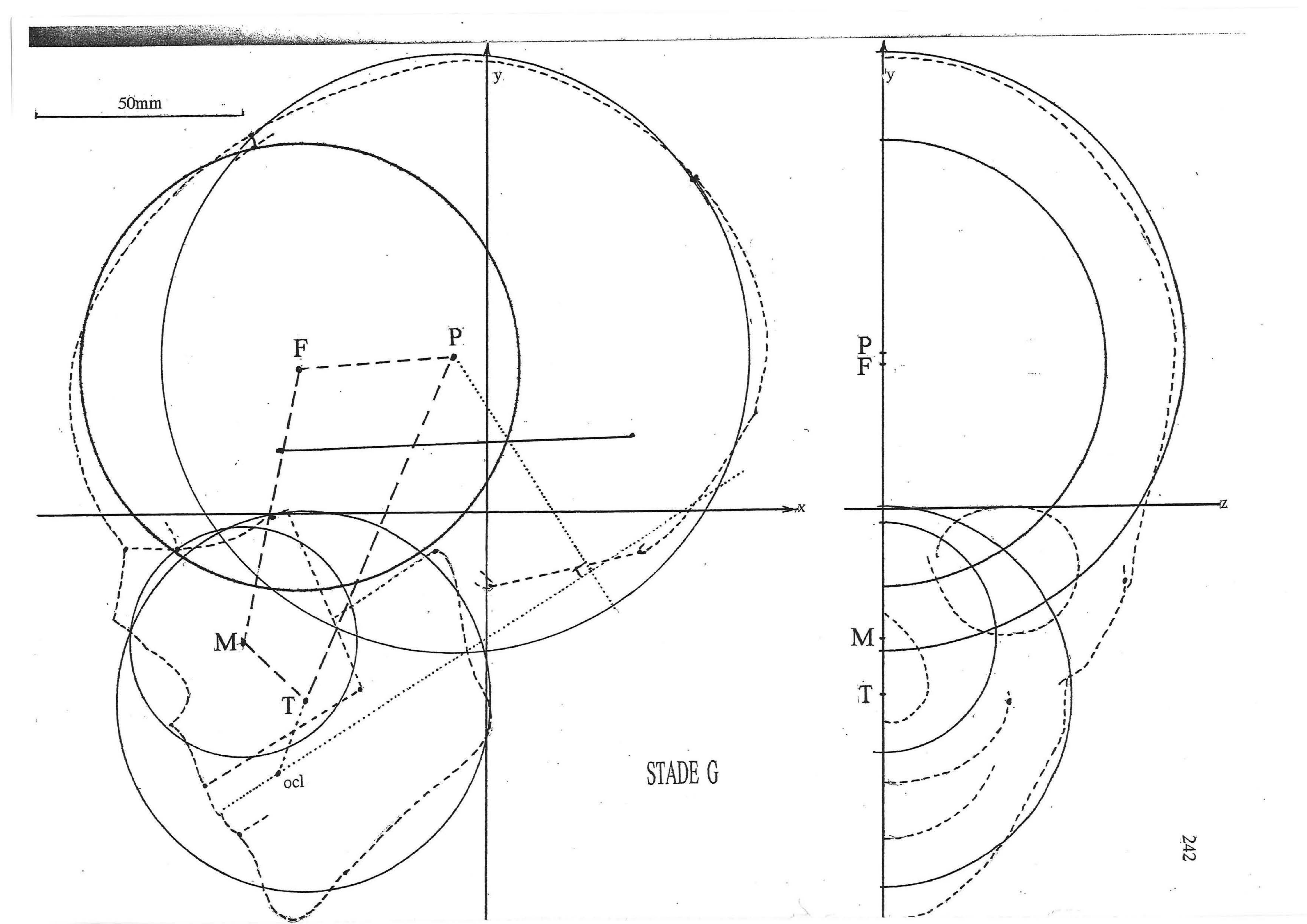

50mm
y
P
F
x
M
T
ocl
y
P
F
z
M
T
STADE D1


50mm
y
P
F
M
T
ocl
x
y
P
F
M
T
z
STADE D2


50mm
y
P
F
M
T
ocl
h
x
y
P
F
M
T
z
STADE E


z
50mm
STADE D1
240
M T F
P
x
z
STADE D2
M
TF
P
x
z
STADE E
x
M
TF
P


50mm
y
F
P
x
M
T
ocl
STADE F
y
P
F
z
M
T



50mm
y
F
P
x
M
T
ocl
STADE G
y
P
F
z
M
T

50mm

STADE F

z

x

M FT P

STADE G

z

x

M FT P

y

P
sph.pariétale
(exocr.)

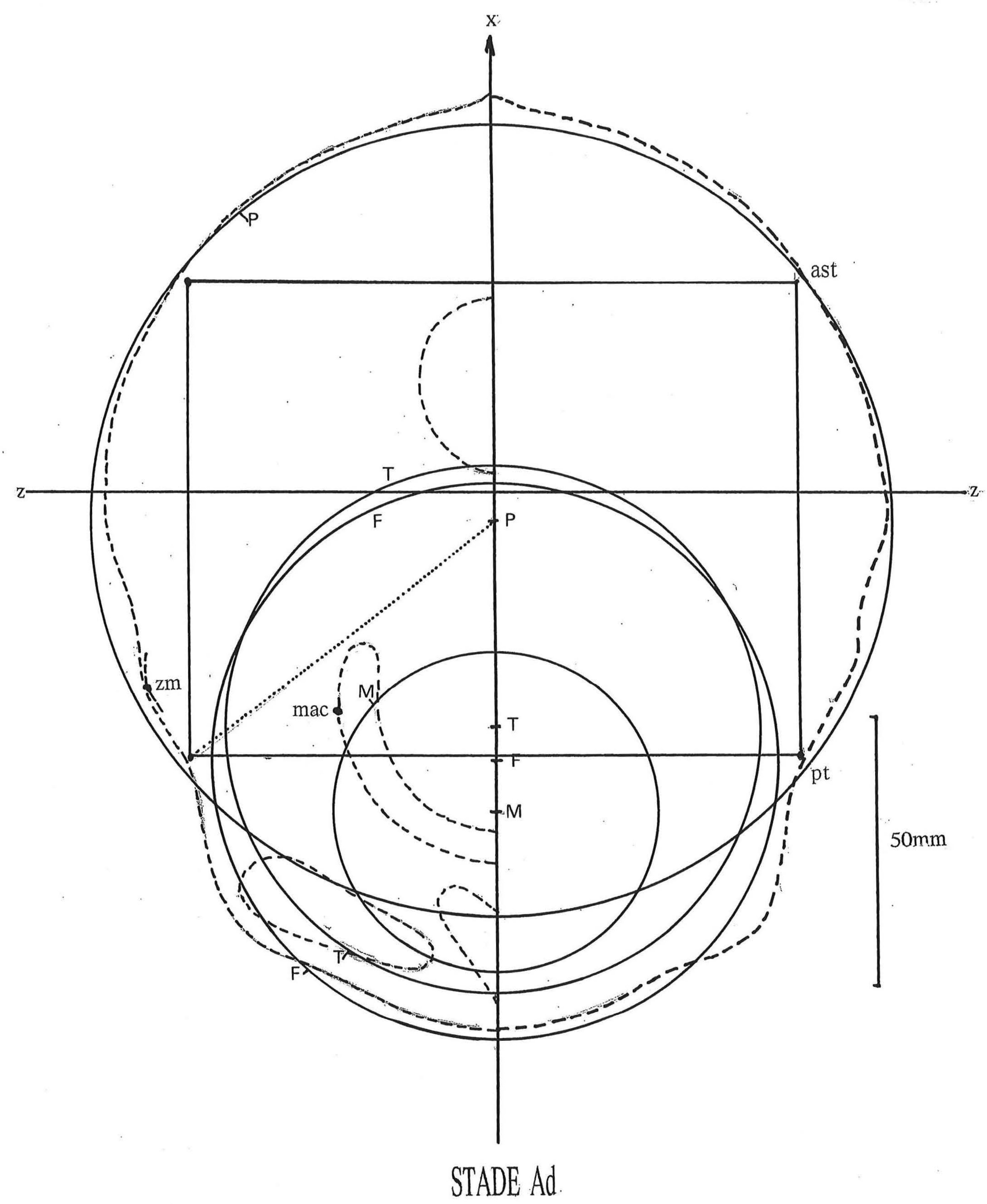
F
sph.frontale
(endocr.)

br
bri
L
P
F
pt
ast
I
x
cra
crp
cm
na
op
ba
T
M
py
plan d'occlusion
M
T
ena
50mm
pr
ocl
id
T

STADE Ad

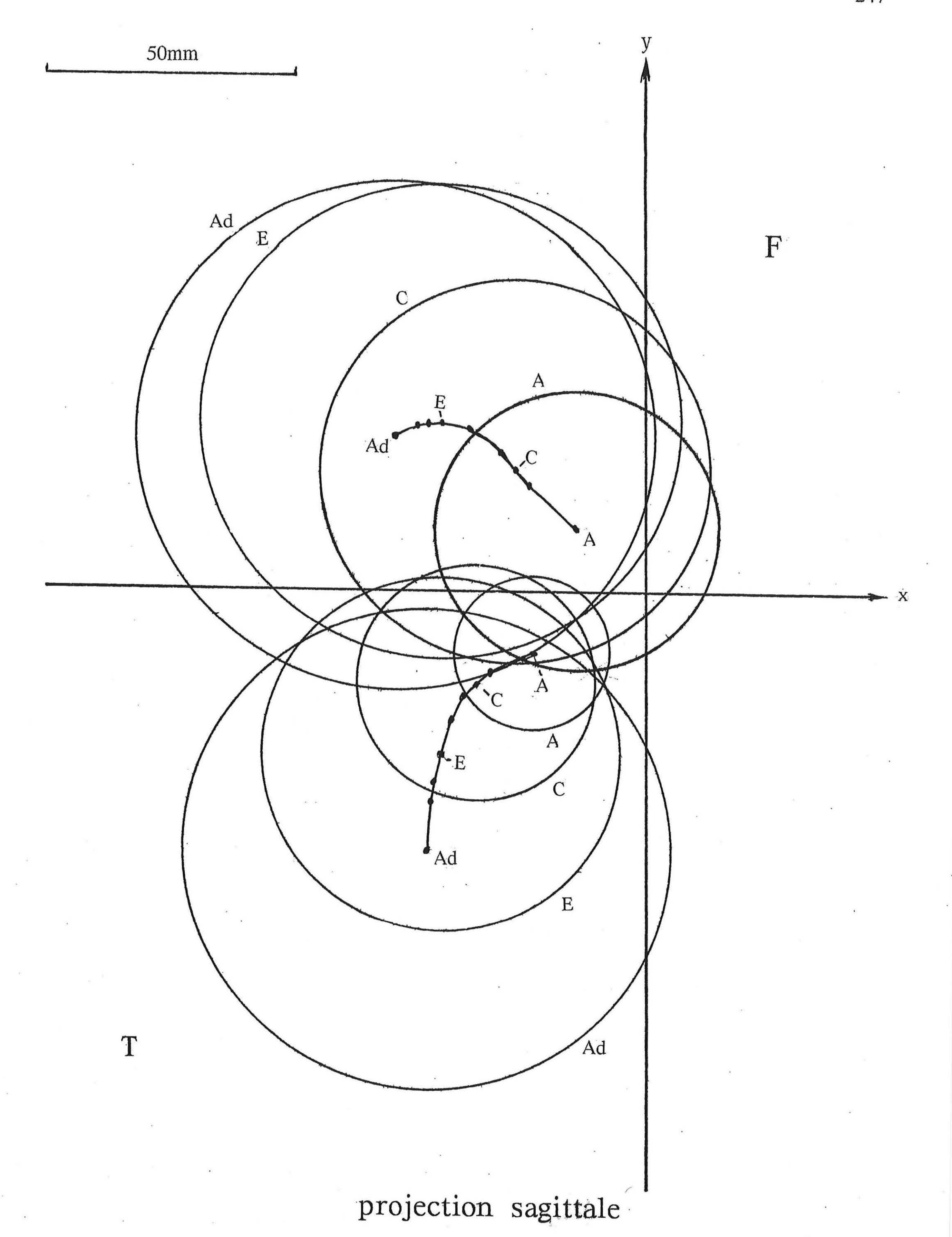
projection sagittale

projection vertico-frontale

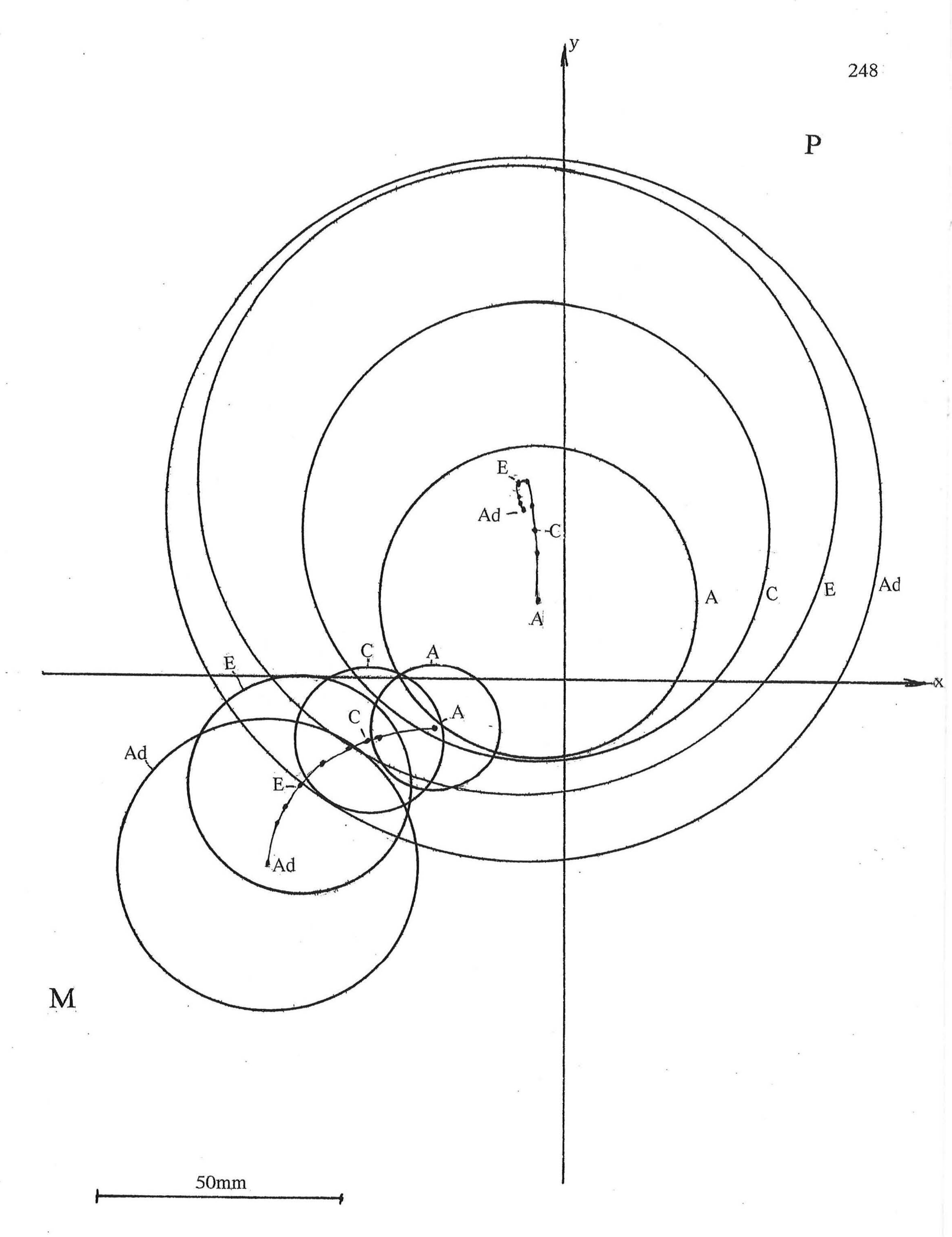



STADE Ad

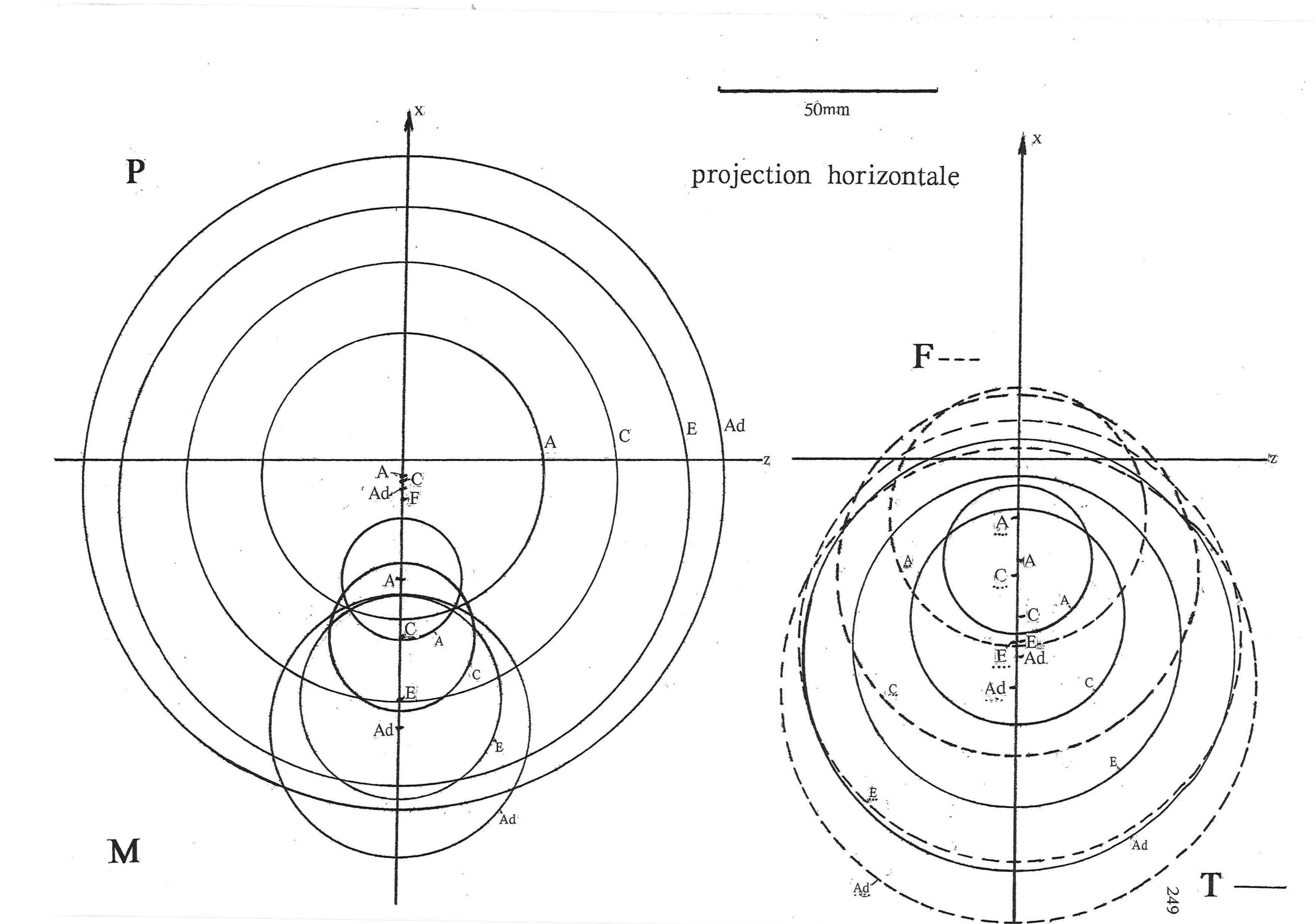
projection horizontale

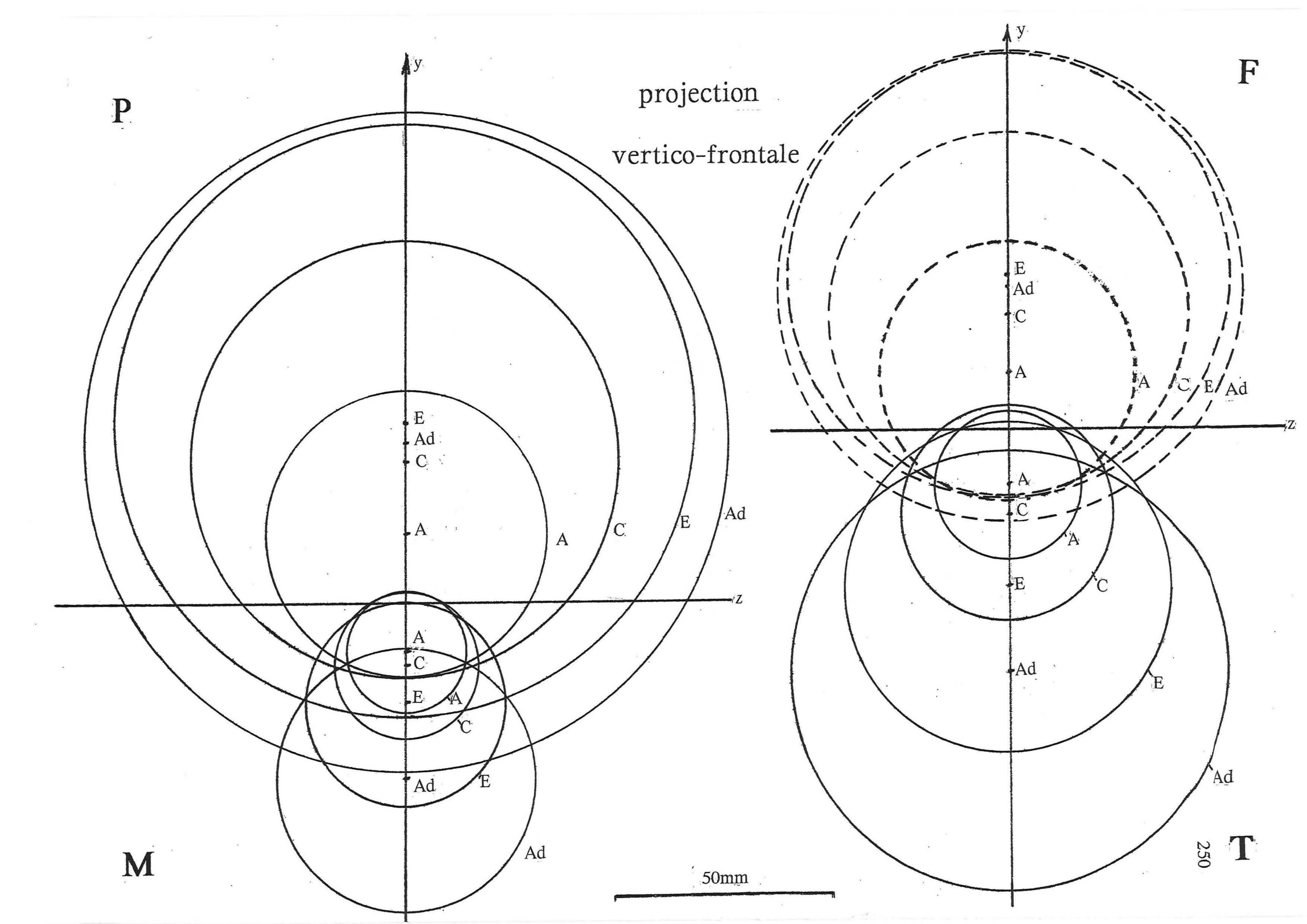


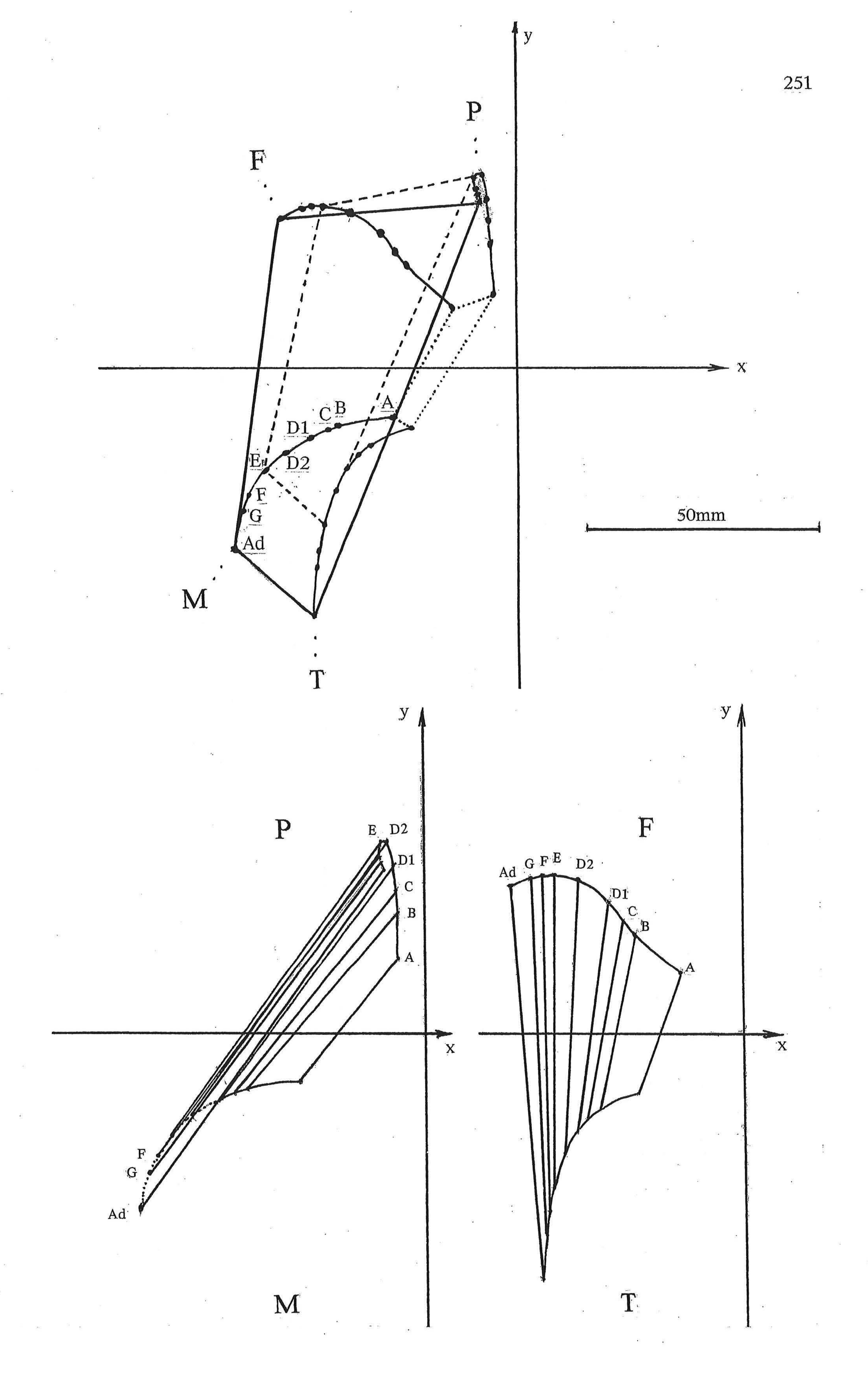

projection sagittale

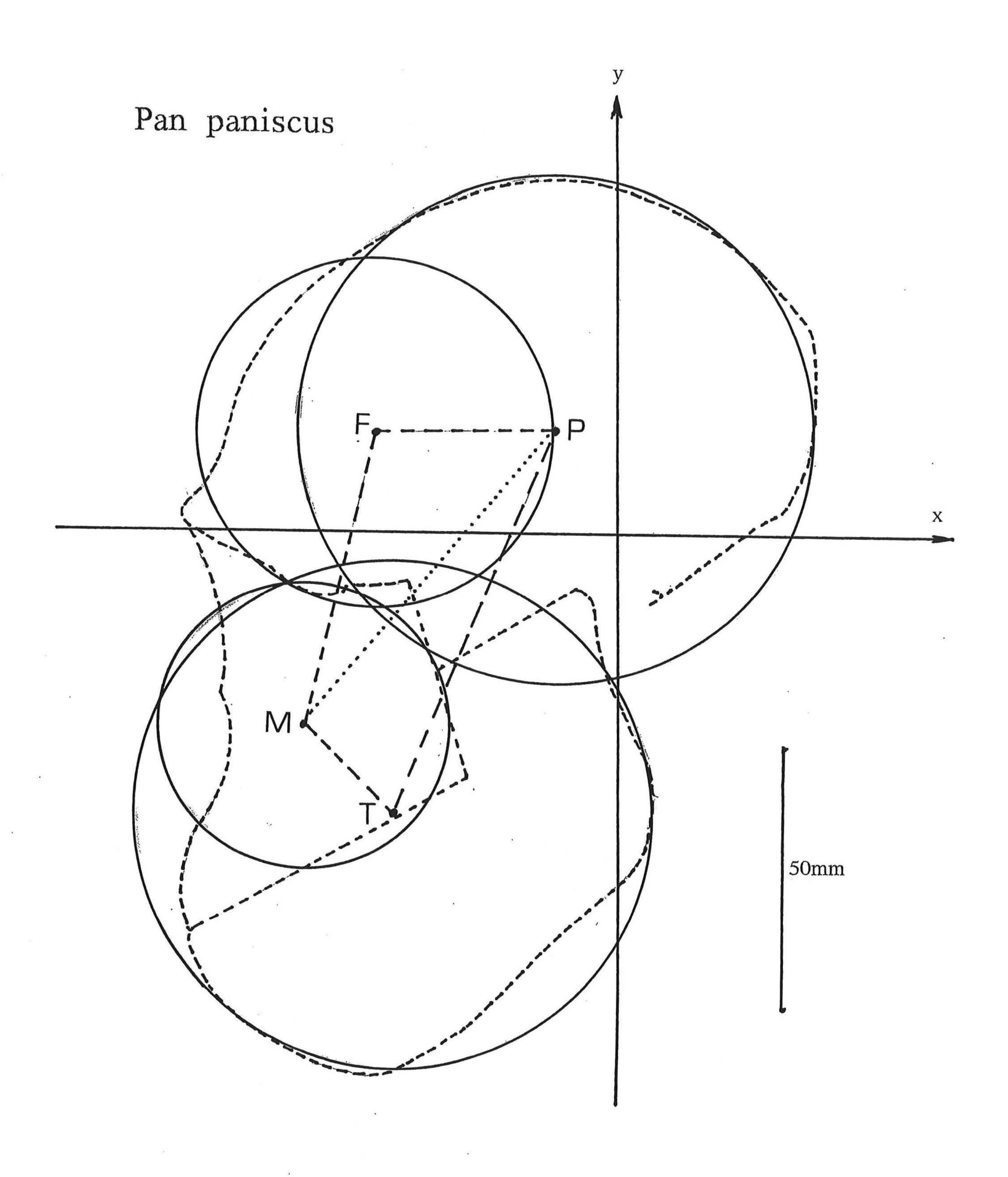



projection sagittale

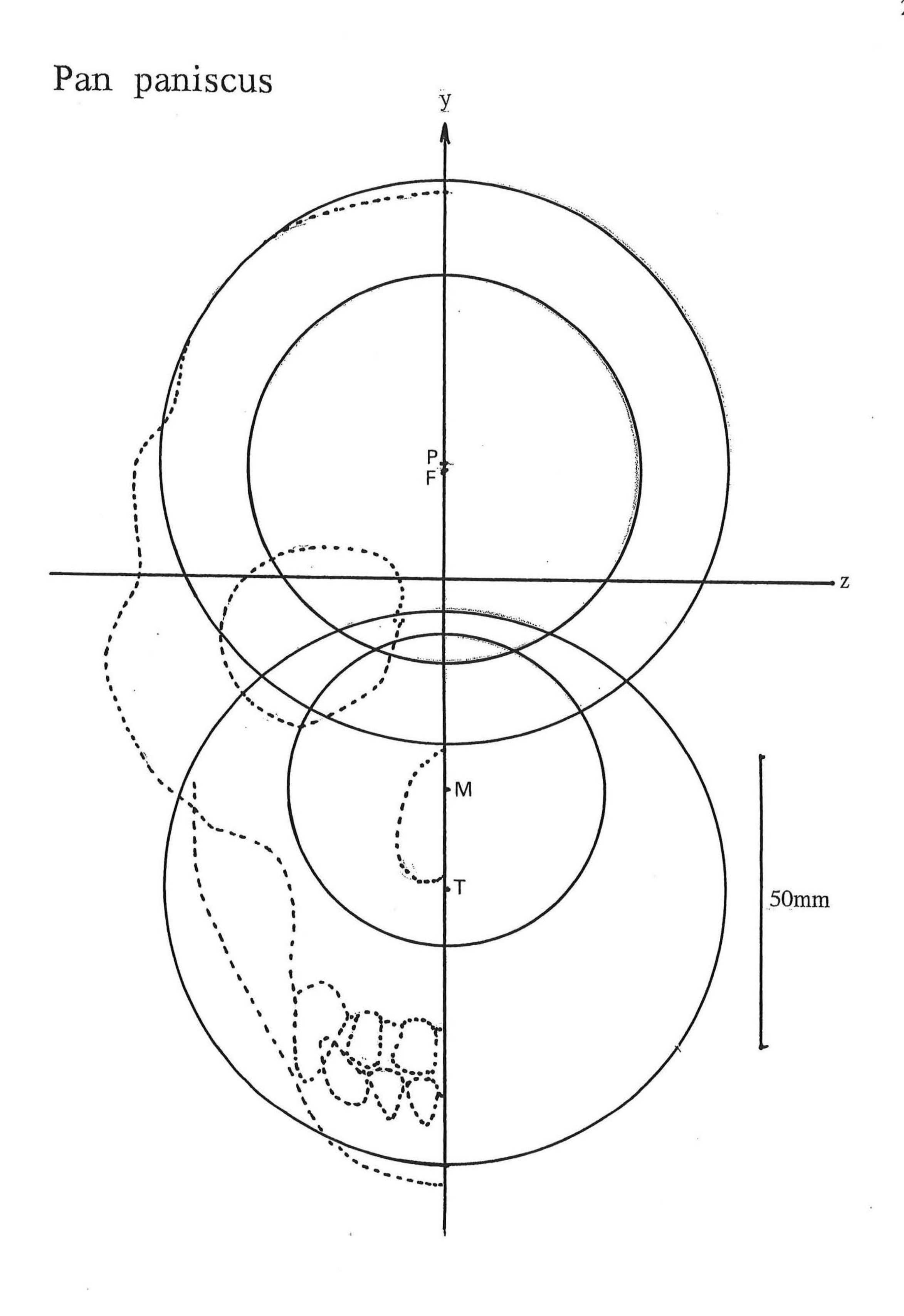

50mm
projection horizontale
P
M
F---
T —
x
z
A
C
E
Ad
F


projection
vertico-frontale
P
F
M
T
y
z
E
Ad
C
A
50mm

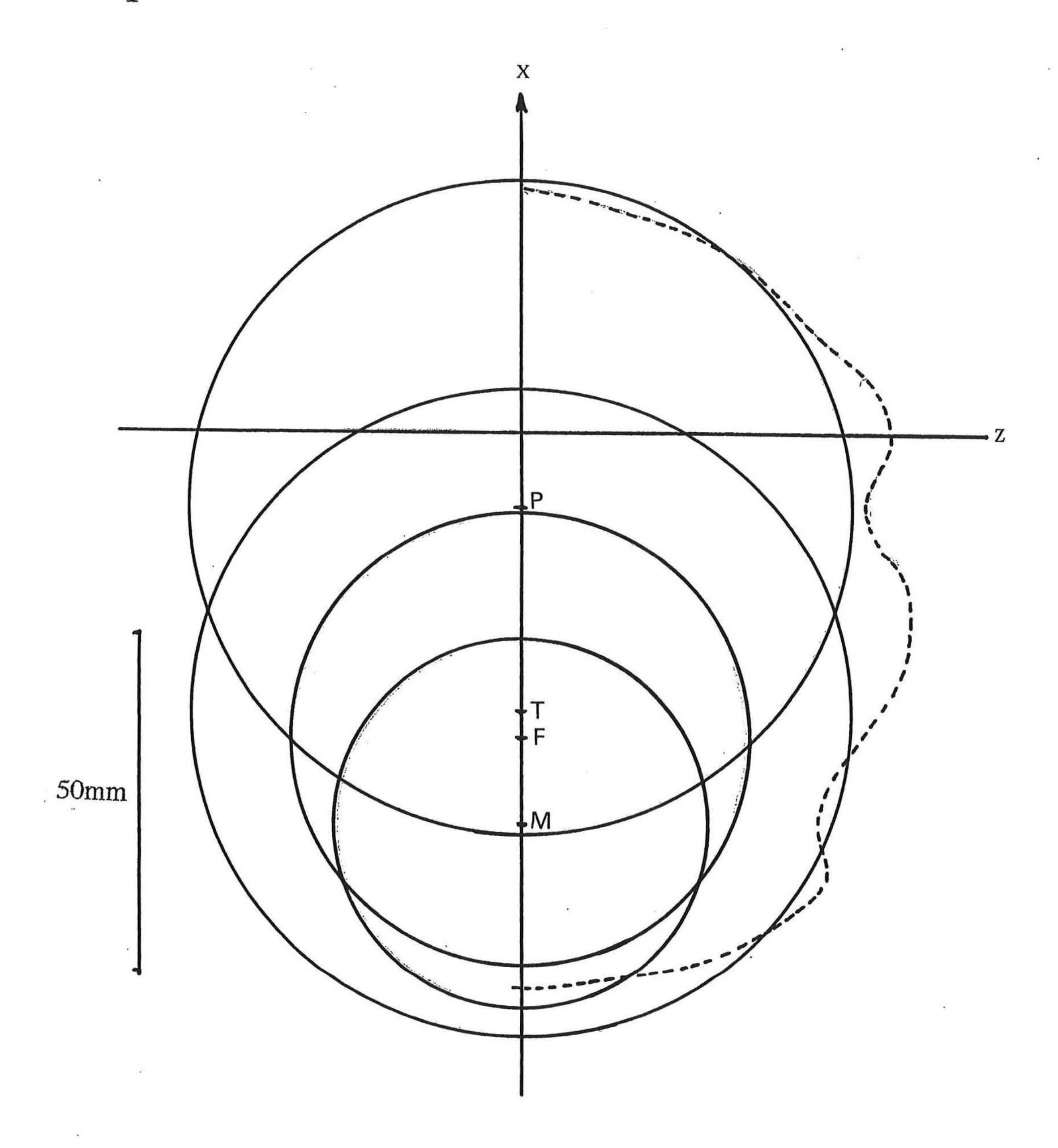

y
P
F
x
A
C B
D1
E
D2
F
G
Ad
M
T
50mm
y
P
E D2
D1
C
B
A
x
F
G
Ad
M
y
F
Ad G F E D2
D1
C
B
A
x
T

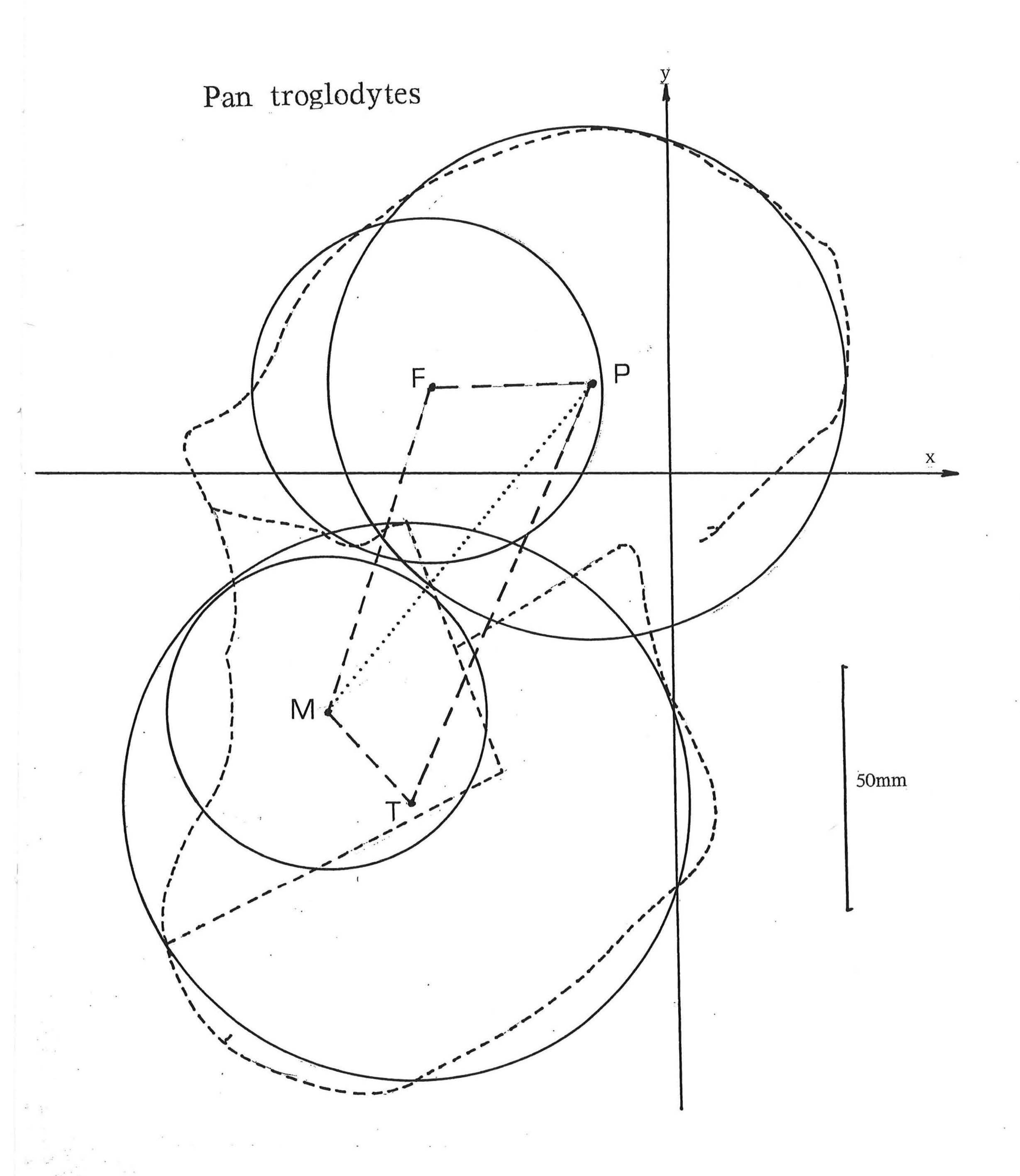

Pan paniscus
y
x
F
P
M
T
50mm

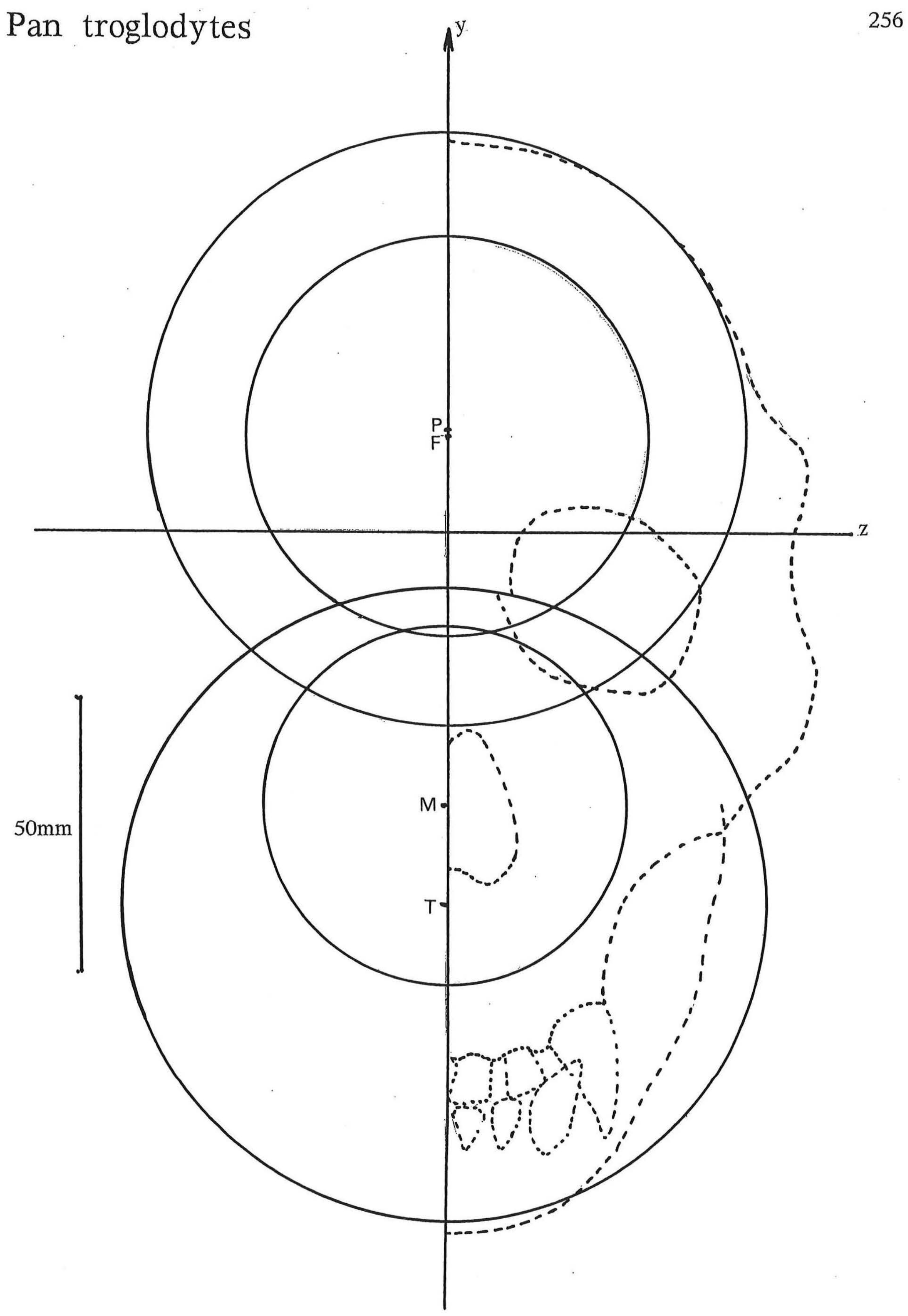
Pan paniscus



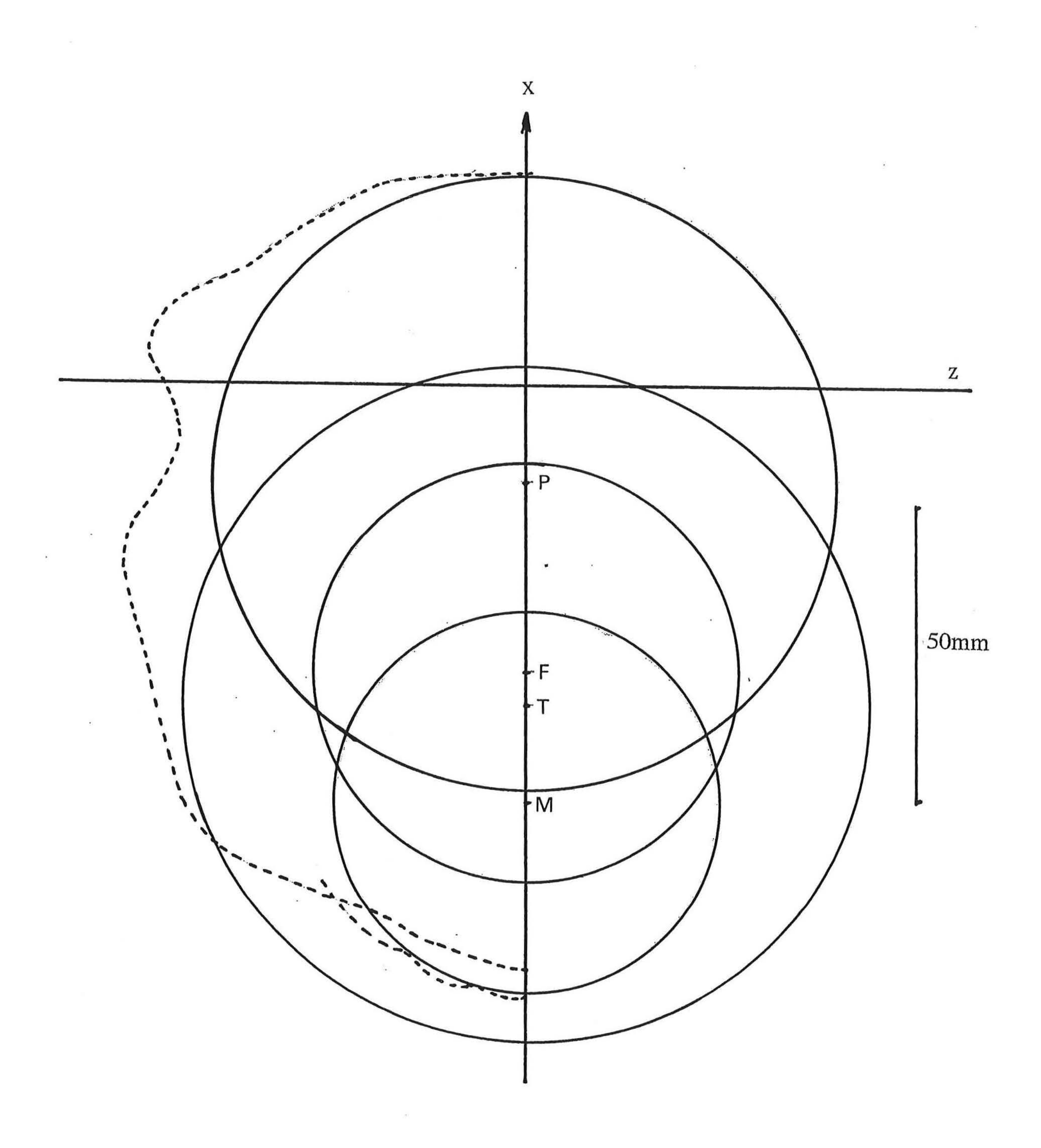
Pan paniscus




Pan troglodytes
y
x
F
P
M
T
50mm


y
z
P
F
M
T
50mm

Pan troglodytes



# SPLANCHNOCRANE

# CONSTRUCTIONS FACIALES

L'analyse morphométrique des constituants de la face présente un intérêt dans divers domaines d'application, à l'échelle des **sujets** (croissance, dysmorphoses...), des **races** (variabilité ethnique) ou des **espèces** (notamment des Primates) et des précurseurs de l'*homo*. C'est maintenant que se pose la question du **prognathisme**.

Son abord, par la méthode vestibulaire, utilise le principe logique d'une construction progressive. Par rapport au neurocrâne antérieur, orienté, il convient en premier lieu de positionner l'ensemble du système manducateur proprement dit, représenté par le bord alvéolaire supérieur, porteur des dents maxillaires (elles-même engrénées avec les dents mandibulaires); puis, relativement à celui-ci, de mettre en place le reste du squelette facio-mandibulaire, plus périphérique, et par rapport auquel on a l'habitude d'apprécier le degré de projection vers l'avant, des éléments du "museau" des Primates, donc aussi de l'Homme.

## ENDOFACE

Un prognathisme endofacial est défini, en projection sagittale, à l'aide de la construction du triangle : criblé antérieur (ou "nasion interne') ⇔ prosthion ⇔ ptérygo-alvéolaire.. Il va fournir l'étendue antéro-postérieure de la région manducatrice, sa direction par rapport aux axes du référentiel, la hauteur à laquelle elle est portée sous l' endocrâne antérieur et le degré de glissement vers l'avant. Ce dernier mouvement apporte l'essentiel de la définition du prognathisme endofacial par le rapport a/b, sachant que le pied (i.endo) de la hauteur (h) partage la projection sagittale de pr ⇔ py en 2 parties : antérieure (a) et postérieure (b). Plus ce rapport est élevé, plus le degré de prognathisme endofacial est accentué. Au cours de l'ontogénèse, du stade A à l'adulte, ce rapport évolue de 0,45 à 1. Donc, le prognathisme endofacial augmente. (à titre indicatif, a/b du *Pan paniscus* adulte dépasse 9).

On peut encore ajouter que b augmente un peu plus vite que a; et h/(a+b) augmente légèrement malgré un rapport h/a constant (de 2,4). Corrélativement, l'angle ($\varphi$) centré au point criblé antérieur diminue (de 55°à 43°). Quant à la pente vestibulaire de cra ⇔ pr , elle est constante ($\varepsilon$ = 100°). Dans nos tableaux, la lettre désignant un angle est précédée de @.

Le triangle endofacial voit sa surface (sur.tr.endo-f.) multipliée pratiquement par 10 pour atteindre 15,5 $cm^2$. Le prognathisme endofacial peut également être considéré dans l'espace, sous la forme d'une pyramide de sommet cra et de base manducatrice (rectangle dont un côté est la projection sagittale de pr ⇔ py et l'autre vaut le double du z de py). Le volume de cette pyramide démarre à 2,3 $cm^3$ chez le fœtus de 5 mois, pour atteindre 47,5 $cm^3$ chez l'adulte, c'est à dire plus de 20 fois le volume de départ!.

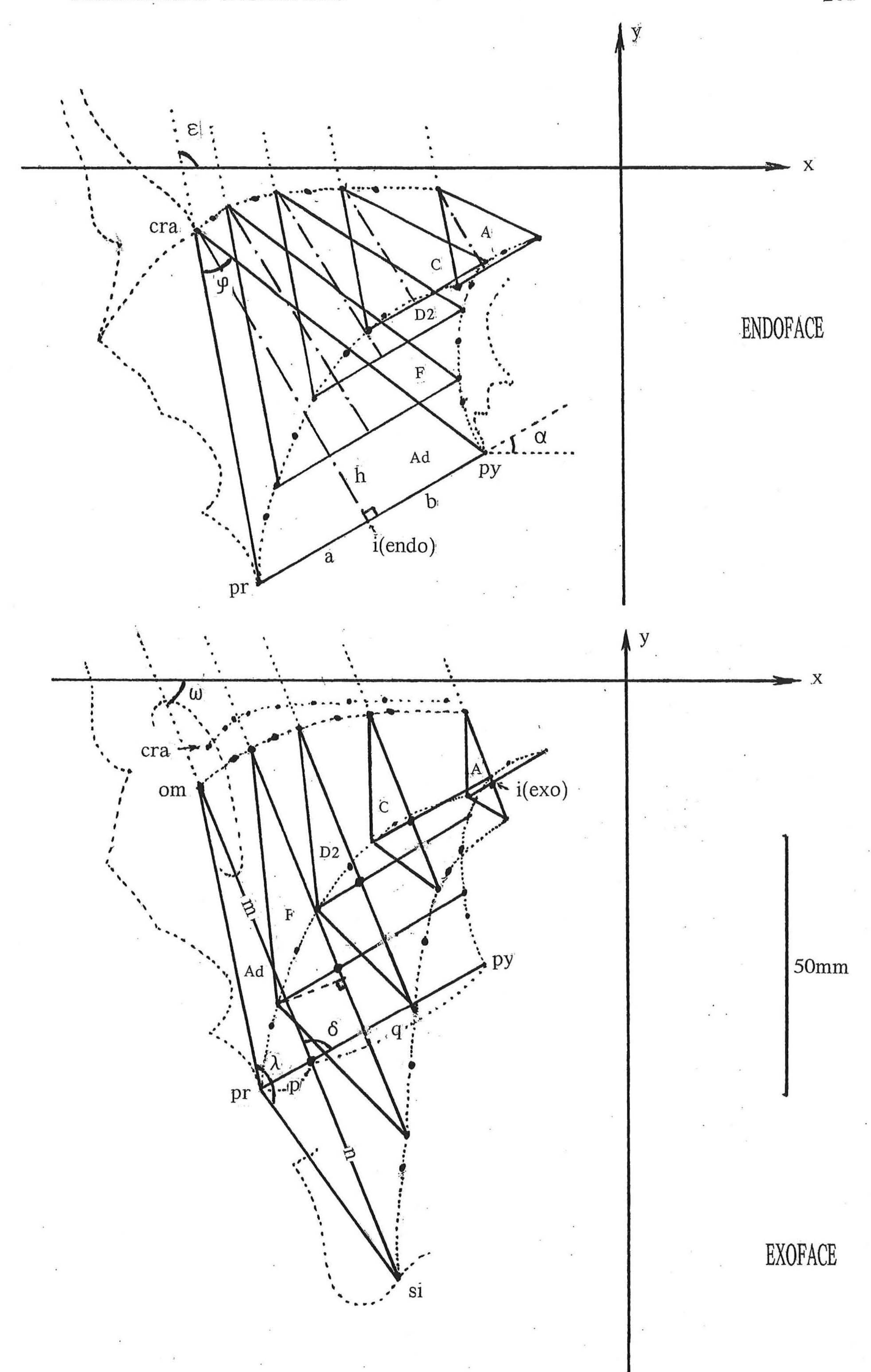
## EXOFACE

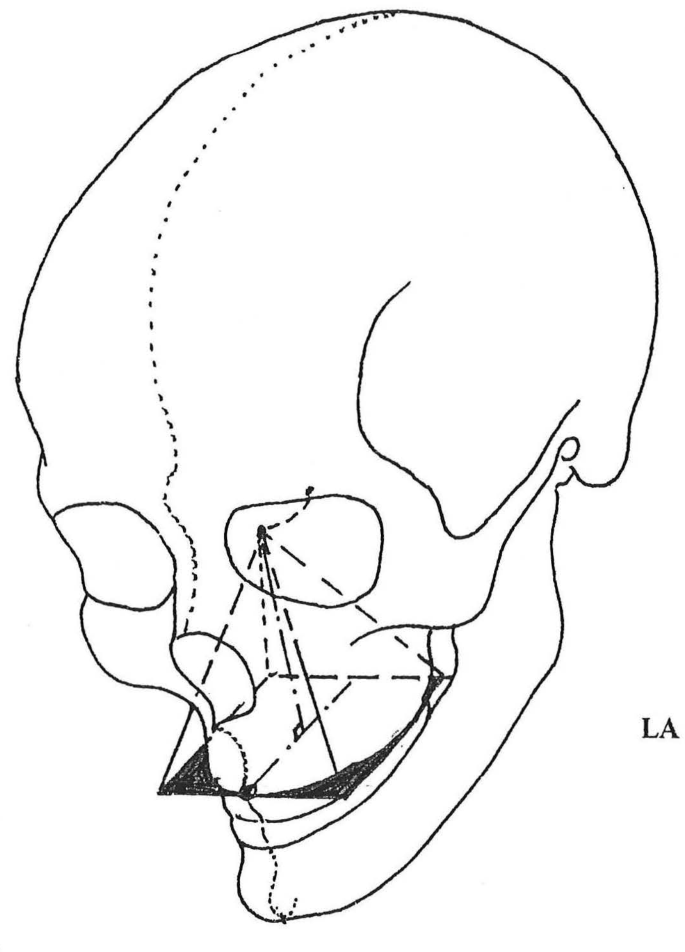
On va maintenant "habiller" la structure précédente et la compléter par le squelette périphérique de la face (et de la mandibule) pour définir un prognathisme exofacial. De même que l'endoface se branchait sur l'endocrâne, au point criblé antérieur, de même l'exoface va poursuivre l'exocrâne au dessous du nasion (externe) na. L'intérêt architectural de la distinction entre endoface et exoface tient notamment à la présence du sinus frontal, né de la disjonction des tables osseuses entre endo [face + crâne] et exo [face + crâne] car plus le sinus est développé, moins on a "l'impression" d'une projection du prosthion vers l'avant.

En pratique, au pr déjà mis en place précédemment, on va comparer la position de la droite **orbito-mandibulaire** joignant le point si à la projection sagittale de om. Elle fait avec l'horizontale vestibulaire un angle ($\omega$) constant, de 70°et, avec le plan akvéolaire un angle ($\delta$) de 80°. Ce dernier faisant un angle ($\alpha$) de 30°avec l'horizontale, on se trouve donc en présence d'un triangle qui demeure "semblable" lors de l'ontogénèse; il se vérifie aussi chez de nombreux Primates, méritant ainsi l'appellation de "triangle facial canonique".

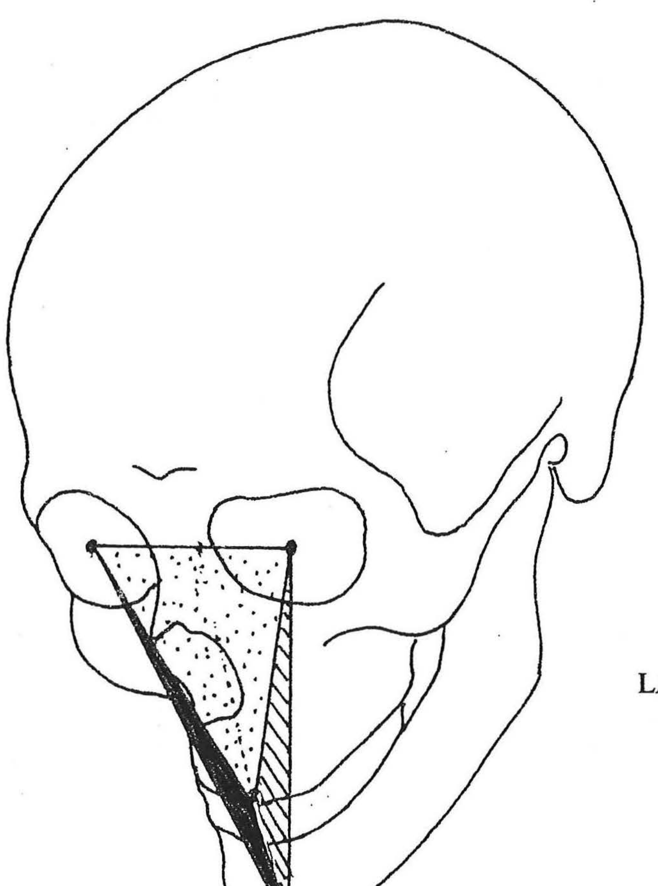
| | | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| endoface | a | 5,5 | 9 | 10,5 | 12 | 15 | 18 | 20 | 21 | 25 |
| | b | 12 | 14 | 15 | 16 | 18 | 19 | 21 | 22 | 25 |
| | a + b | 17,5 | 23 | 25,5 | 28 | 33 | 37 | 41 | 43 | 50 |
| | a/b | 0,45 | 0,64 | 0,70 | 0,75 | 0,83 | 0,94 | 0,95 | 0,96 | 1 |
| | h | 16,5 | 24 | 25 | 30 | 37 | 43 | 50 | 53 | 62 |
| | h/a | 3 | 2,6 | 2,3 | 2,5 | 2,4 | 2,3 | 2,5 | 2,5 | 2,4 |
| | h / (a+b) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| | @ α | 31 | 31 | 30 | 30 | 32 | 30 | 32 | 30 | 30 |
| | @ φ | 55 | 54 | 54 | 50 | 49 | 46 | 45 | 45 | 43 |
| | @ ε | 102 | 101 | 98 | 102 | 100 | 101 | 98 | 96 | 99 |
| | sur.tr.endo-f. | 1,44 | 2,76 | 3,19 | 4,20 | 6,10 | 7,96 | 10,25 | 11,40 | 15,50 |
| | sur.pr⇔bi-py | 4,20 | 5,98 | 7,65 | 9,52 | 11,88 | 14,80 | 17,22 | 18,92 | 23,00 |
| | vol.pyram.end. | 2,31 | 4,78 | 6,37 | 9,52 | 14,65 | 21,21 | 28,70 | 33,42 | 47,53 |
| exoface | m | 16 | 21 | 23 | 27,5 | 35 | 40 | 46 | 48 | 57 |
| | n | 7 | 14 | 16 | 19,5 | 25 | 28,5 | 33 | 36,5 | 44 |
| | m + n | 23 | 35 | 39 | 47 | 60 | 68,5 | 79 | 84,5 | 101 |
| | k | 5 | 7 | 8 | 8,5 | 10 | 12 | 13 | 13 | 11 |
| | n/m | 0,44 | 0,67 | 0,69 | 0,70 | 0,71 | 0,71 | 0,72 | 0,76 | 0,77 |
| | om⇔pr | 16,5 | 22,5 | 24,0 | 27,6 | 36,3 | 42,2 | 49,1 | 49,9 | 59,5 |
| | pr⇔si | 8,6 | 15,6 | 16,7 | 20,2 | 26,9 | 31,1 | 35,3 | 38,9 | 44,4 |
| | p | 5,2 | 7,3 | 8,1 | 8,9 | 10,5 | 12,2 | 13,0 | 13,0 | 11,5 |
| | q | 12,3 | 15,7 | 17,4 | 19,1 | 22,5 | 24,8 | 28,0 | 30,0 | 38,5 |
| | p+q (=a+b) | 17,5 | 23 | 25,5 | 28 | 33 | 37 | 41 | 43 | 50 |
| | p/q | 0,42 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,47 | 0,48 | 0,46 | 0,43 | 0,29 |
| | @ ω | 71 | 70 | 70 | 69 | 68 | 69 | 68 | 68 | 70 |
| | @ δ | 78 | 79 | 80 | 81 | 80 | 81 | 80 | 82 | 80 |
| | @ λ | 126 | 132 | 133 | 139 | 142 | 143 | 144 | 145 | 156 |
| | sur.tr.exof.sag. | 0,58 | 1,22 | 1,56 | 1,99 | 3,00 | 4,11 | 5,13 | 5,49 | 5,55 |
| | sur.tr.si-bi⇔om | 2,99 | 5,60 | 7,02 | 9,40 | 13,50 | 17,12 | 21,33 | 24,50 | 31,31 |
| | vol.pyr.exof. | 0,49 | 1,31 | 1,87 | 2,66 | 4,50 | 6,85 | 9,24 | 10,62 | 11,48 |
| mésof & métaf | u | 20 | 27 | 30 | 35 | 39 | 43 | 46 | 49 | 50 |
| | v | 33 | 46 | 51 | 58 | 65 | 71 | 76 | 80 | 87 |
| | u/v | 0,58 | 0,58 | 0,58 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,61 | 0,61 | 0,58 |
| | @ μ | 77 | 76 | 75 | 73 | 72 | 70 | 69 | 64 | 61 |
| autres | na⇔ba | 38 | 53 | 57 | 65 | 75 | 79 | 85 | 90 | 98 |
| | na⇔pr | 18,5 | 25 | 27 | 33 | 40 | 50 | 54 | 59 | 68 |
| | pr⇔ba | 36 | 49 | 53 | 60 | 68 | 75 | 82 | 84 | 91 |
| | @ pr | 81 | 83 | 83 | 83 | 82 | 80 | 77 | 75 | 74 |
| | @ na | 71 | 70 | 69 | 67 | 65 | 65 | 64 | 64 | 64 |
| | @ ba | 28 | 27 | 28 | 30 | 33 | 35 | 39 | 41 | 42 |
| | sur.na⇔ba⇔pr | 3,29 | 6,10 | 7,11 | 9,83 | 13,52 | 18,15 | 21,30 | 24,02 | 29,82 |

unités : mm pour les distances, $cm^2$ pour les surfaces, $cm^3$ pour les volumes, °pour les angles (@).

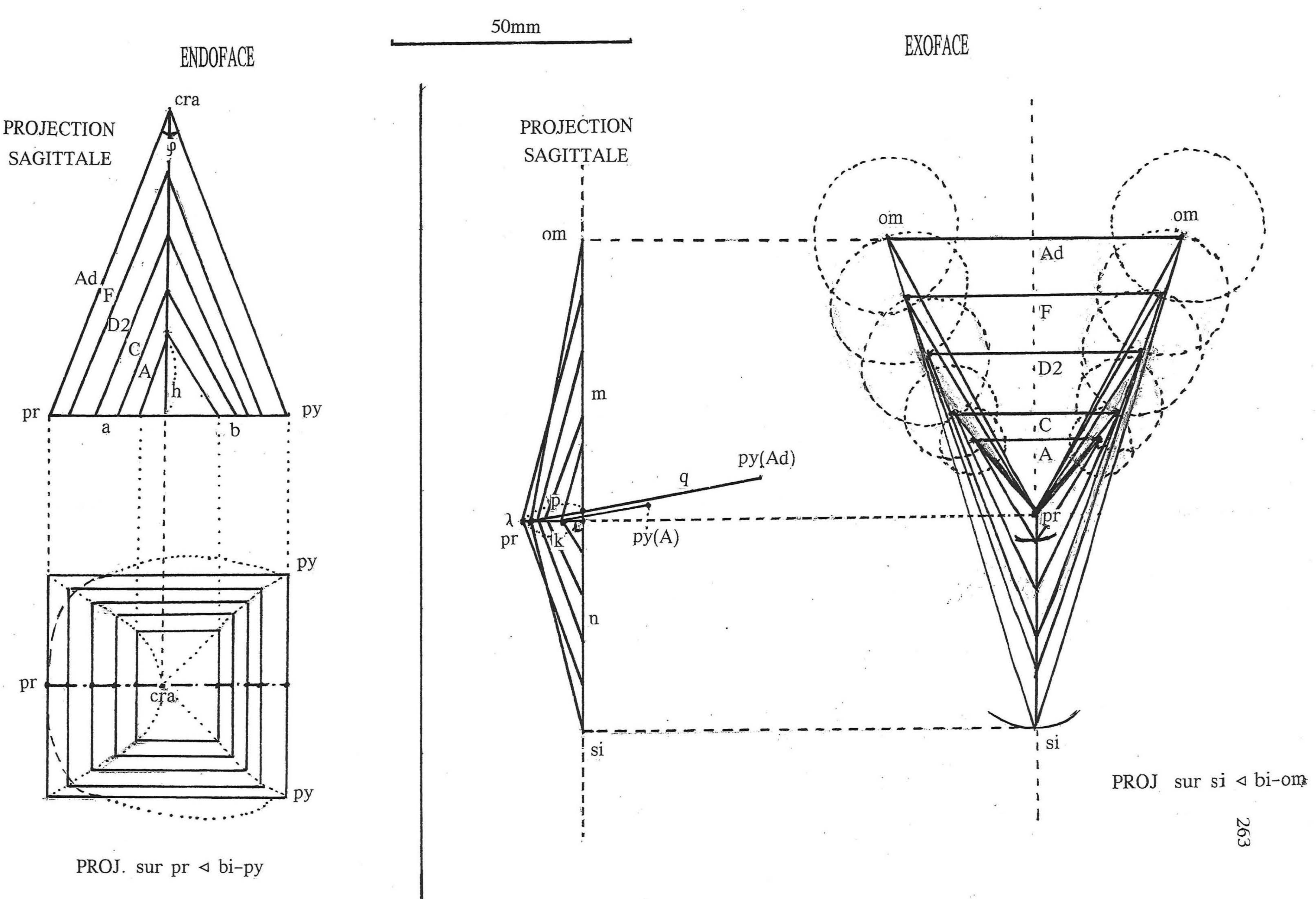

y
x
ε
cra
φ
A
C
D2
F
Ad
α
py
h
b
i(endo)
a
pr
ENDOFACE
y
x
ω
cra
om
A
i(exo)
C
D2
m
F
Ad
py
δ
q
λ
pr
p
n
si
50mm
EXOFACE



LA PYRAMIDE ENDOFACIALE



LA PYRAMIDE EXOFACIALE


50mm
ENDOFACE
PROJECTION
SAGITTALE
cra
φ
Ad
F
D2
C
A
h
pr
py
a
b
py
pr
cra
py
PROJ. sur pr ◁ bi-py
PROJECTION
SAGITTALE
om
m
q
py(Ad)
p
λ
pr
k
py(A)
n
si
EXOFACE
om
om
Ad
F
D2
C
A
pr
si
PROJ sur si ◁ bi-om

Les 2 parties du bord alvéolaire, déterminées par son intersection (i.exo) avec la droite orbito-mandibulaire sont nommées : p (en avant) et q (en arrière). Le rapport p/q définit le degré de prognathisme exofacial. Il est d'autant plus fort que le rapport est plus grand. Dans l'ontogénèse étudiée présentement, il est "relativement" peu variable; il augmente d'abord, de 0,42 à 0,48 jusqu'au stade E, puis diminue pour se trouver à 0,29 chez l'adulte. (à titre indicatif, sa valeur est de 1,1 chez l'adulte de *Pan paniscus* le "chimpanzé nain"). L'homme adulte est ainsi un peu moins prognathe que le fœtus, pour l'exoface, alors qu'il est nettement plus prognathe pour l'endoface. (il s'agit, en effet, de 2 phénomènes distincts !).

Le degré de prognathisme exofacial s'exprime aussi par l'angle ($\lambda$) dont le sommet est au pr et les côtés passent par om et si. Cet angle augmente, du fœtus à l'adulte (de 126°à 156°); un plus grand angle est le reflet d'un prognathisme plus faible. (*Pan paniscus* a un $\lambda$ de 114°). Aux paramètres précédents, d'autres ont encore été ajoutés : la longueur des 2 côtés de l'angle $\lambda$, les distances (m et n) interceptées sur om↔si par le bord alvéolaire, ainsi que la hauteur (k) du triangle exofacial sagittal (om↔pr↔si), abaissée du prosthion. Remarquons que k est forcément un peu inférieur à p, à cause de l'angulation de 90° de k avec la droite orbito-mandibulaire.

La surface du triangle exofacial sagittal est multipliée par 10 (de 0,58 à 5,55 $cm^2$) dans l'intervalle considéré.

En réalité, et comme c'était le cas pour l'endoface, l'exoface a une signification tridimensionnelle puisqu'elle utilise un point pair : l'orbitaire moyen (om). Les 2 points om et le si déterminent un triangle qu'on peut visualiser "de face", et dont l'aire (sur.tr.si-bi↔om) est 10 fois plus grande chez l'adulte que chez le fœtus du stade A. Le triangle si-bi↔om est la base d'une pyramide exofaciale tétraèdrique (pyr.exof) de sommet pr et dont le volume est 23 fois supérieur chez l'adulte qu'au stade A.

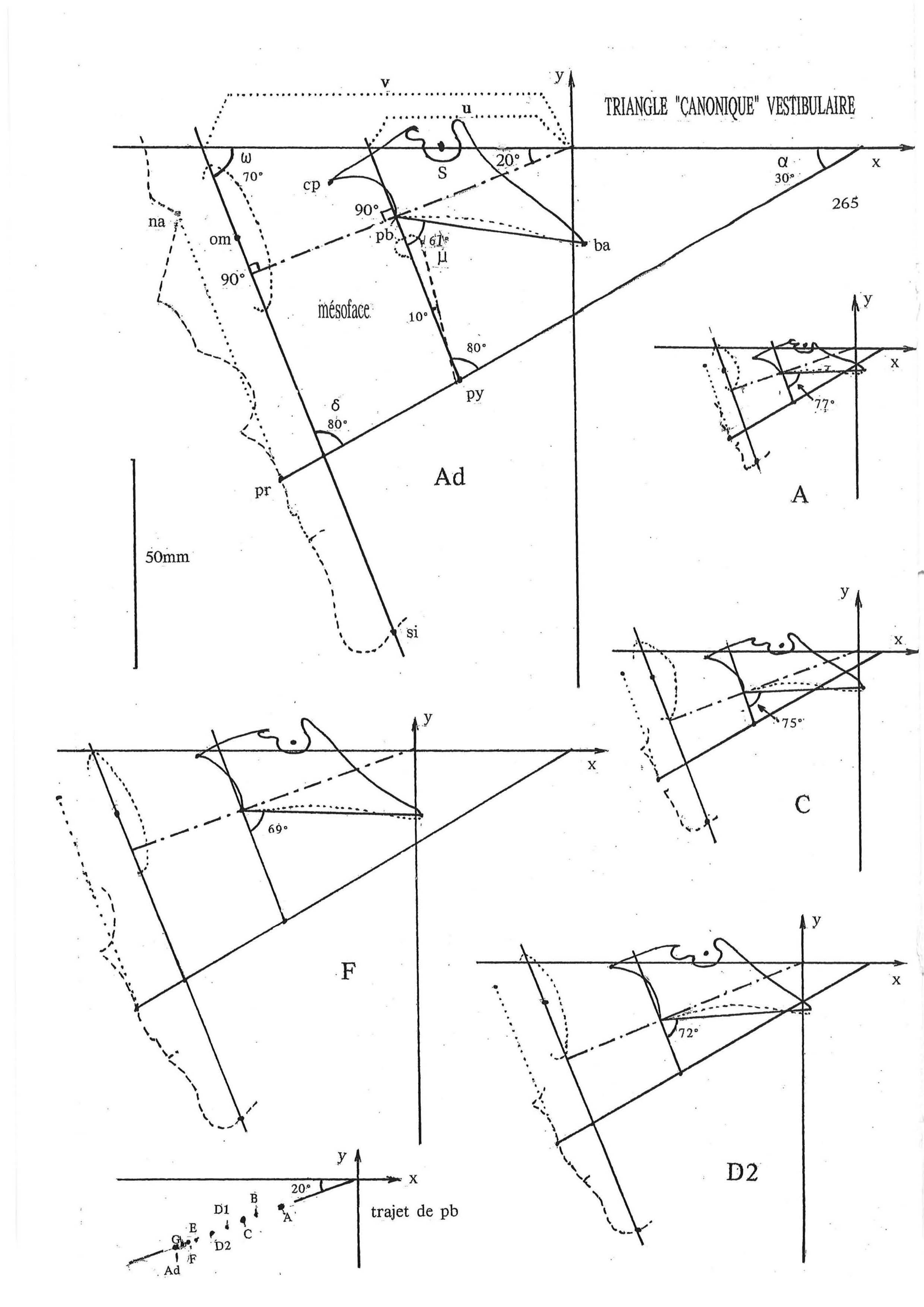
## MÉSOFACE ET MÉTAFACE

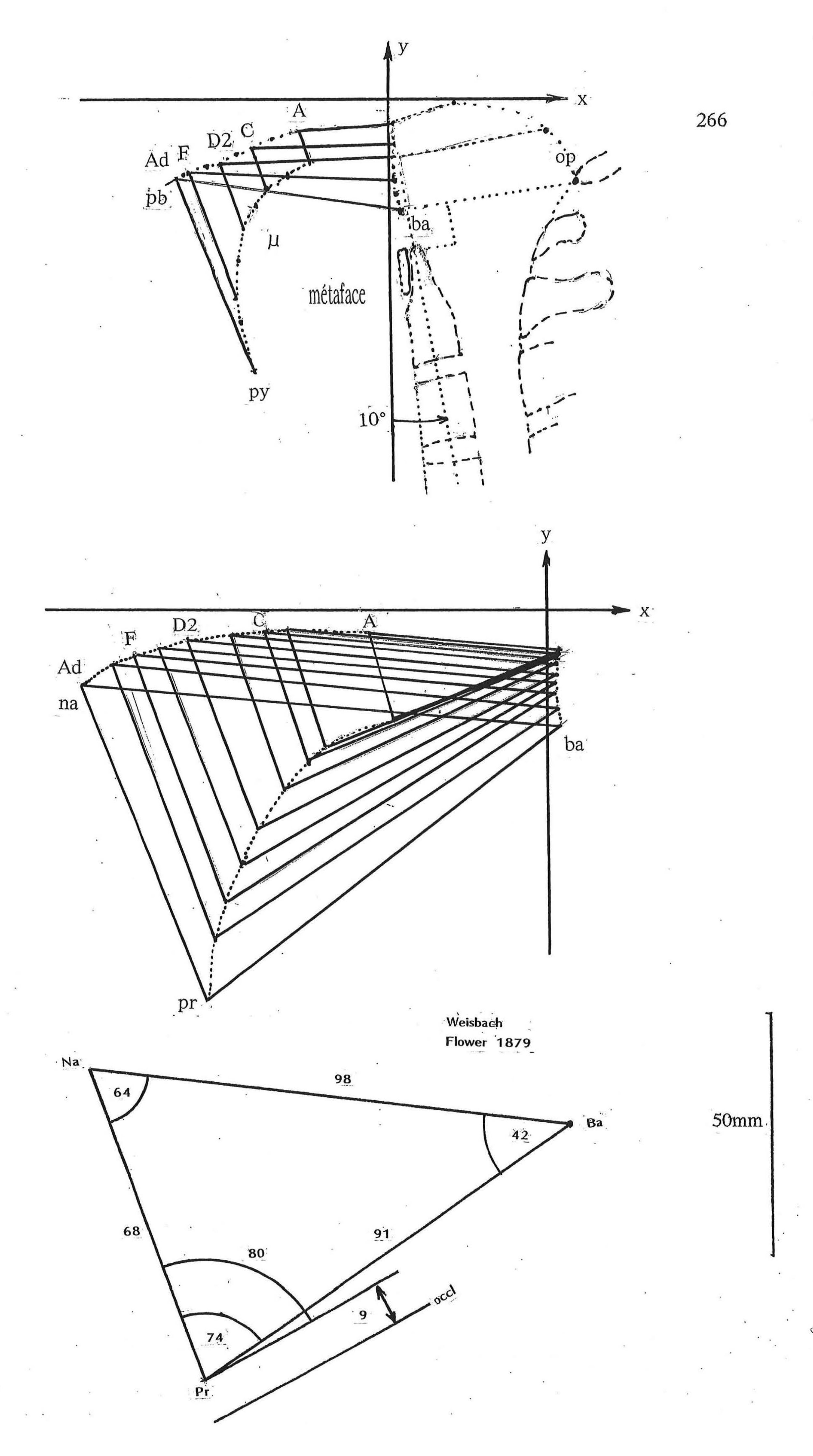
Outre les considérations précédentes définissant une endoface et une exoface, à signification tridimensionnelle, l'examen facial, dans le seul plan de symétrie (ou en projection sur lui) suggère un autre type de répartition, complémentaire au précédent. En effet, à partir de py, en menant une parallèle à la droite orbito-mandibulaire, on constate que la droite ptérygo-maxillaire (sur la suture du même nom, et son prolongement supérieur) est retrouvée, à tous les stades.. Il en découle que l'angle, en py, formé avec le prolongement du bord alvéolaire, est aussi de 80°. (☆) Il est remarquable de noter que cette même valeur angulaire est aussi celle comprise entre le bord alvéolaire et le segment joignant na à pr. (mais cela n'est pas vrai chez les Primates, à partir desquels ce segment, d'abord oblique vers le bas et l'avant tourne autour du nasion pour arriver au parallélisme avec om-si chez l'Homme.

La droite orbito-mandibulaire coupe l'horizontale vestibulaire en un point dont l'abscisse est nommée v .De même, la droite ptérygo-maxillaire prolongée, la coupe en un point d'abscisse u .Le rapport calculé u/v peut être considéré comme constant dans l'ontogénèse (∽ 0,59). Si, du centre des axes, on abaisse une perpendiculaire aux droites om↔si et ptérygo-maxillaire, cette dernière est rencontrée en un point "ptérygo-basilaire"(pb) répondant au "rostrum" sphénoïdal, point médian de la limite basale antérieure du corps du sphénoïde, et ceci à tous les stades de la croissance.

Dans le plan sagittal (et en projection sur lui), entre les droites om↔si et pb↔py, le quadrilatère ainsi délimité est bien moins sujet aux variations liées au prognathisme que ne l'est la partie plus antérieure. On peut l'appeler "mésoface", (et le triangle sagittal exofacial serait alors une "antéroface"). Quant à la portion sise en arrière de la droite ptérygo-maxillaire, c'est la "métaface", à signification pharyngienne.

(☆) A noter que certains auteurs utilisent non pas la direction ptérygo-maxillaire, mais le bord antérieur de la ptérygoïde; il en résulte une différence de 10°: angle ouvert en haut et en arrière.


TRIANGLE "CANONIQUE" VESTIBULAIRE
265
v
u
y
x
S
20°
α
30°
ω
70°
cp
90°
na
om
pb
61°
μ
ba
90°
mésoface
10°
80°
py
δ
80°
pr
Ad
50mm
si
A
77°
C
75°
F
69°
D2
72°
20°
trajet de pb
B
D1
A
E
C
G
D2
F
Ad


y
x
A
D2 C
Ad F
op
pb
ba
μ
métaface
py
10°
y
x
F D2 C A
Ad
na
ba
pr
Weisbach
Flower 1879
Na
64
98
42
Ba
50mm
68
80
91
9
occl
74
Pr

La limite métafaciale postérieure répond, sur le squelette, à la partie haute de la colonne cervicale. Chez l'adulte, un "rayon" vestibulaire passant par le basion fait un angle de 10° en bas, derrière la verticale vestibulaire. Il répond, au moins pour les 4 ou 5 premières vertèbres, à l'ancien trajet de la chorde, au milieu des corps vertébraux, jusqu'au ba. Le trou occipital est pratiquement à 90° de cette direction. La limite métafaciale serait en avant de ces vertèbres, ..

La caractéristique de la métaface est l'angle métafacial (µ) tracé selon : py - pb - ba. Sa valeur va en diminuant, du stade A jusqu'à l'adulte, de 77° à 60°. Cette "fermeture" de 17° est une conséquence de la "bascule occipitale" ontogénique, allant dans le même sens. (chez *Pan paniscus* adulte ♂, µ = 80°.)

AUTRES ÉLÉMENTS FACIAUX SAGITTAUX

Divers triangles ont été proposés par les classiques, notamment na - ba - pr, qu'il nous est facile d'analyser à partir des coordonnées vestibulaires des points. na↔pr s'avance en demeurant à 70° de l'horizontale; la pente de na↔ba n'est pas tout à fait constante car l'angle na diminue un peu. Quant à pr↔ba, son obliquité va en augmentant, et l'angle pr diminue. La surface du triangle est 10 fois supérieure chez l'adulte, à celle qu'elle présentait au stade A (de 3 à 30 $cm^2$).

Il existe encore de nombreuses techniques, classiques ou autres, pour estimer le prognathisme. Nous ne pouvons les rapporter toutes, mais l'usage des coordonnées vestibulaires et la considération des types moyens dessinés dans nos craniogrammes permettent de les quantifier à tous les stades ontogéniques. Ce même principe demeure valable pour la recherche des prognathismes : ethnique et spécifique, et pour l'analyse des dysmorphoses chez l'enfant.

LE LATÉRO-GNATHISME

Cette notion ne s'impose pas, d'emblée, à l'esprit, lors de considérations ontogéniques et même ethniques. Mais les analyses phylogéniques posent la question des rapports contractés, dans le sens de la **largeur**, entre les arcades alvéolaires d'une part, et les portions latérales de la face et du neurocrâne.

En projection vestibulaire horizontale, lorsqu'on tente de superposer les contours craniens et faciaux d'espèces aussi différentes qu'un Canidé (chien), un Primate (macaque) et de l'Homme, nos recherches antérieures (1963 - 64) ont montré la nécessité, non seulement d'opérer les superpositions dans les mêmes axes vestibulaires de référence, mais encore d'effectuer des "réductions" à une mesure rendue commune entre espèces de taille différente. Il s'est agi du diamètre bicondylien moyen mandibulaire (bi-cm).

Dans ces conditions, on montre que certains points demeurent fixes. C'est le cas notamment de la partie orbitaire externe du malaire. Par contre, le bord alvéolaire se rapproche significativement du plan médian. De cette disjonction nait un "espace mort" dans lequel va pouvoir se développer le sinus maxillaire. Le degré de latérognathisme s'apprécie par le rapport entre le z du point (mac), maximum de largeur du rebord alvéolaire, et le z du point maxillo-malaire inférieur (mmi). Tenant compte de la variation, on peut estimer ce rapport comme constant durant l'ontogénèse et égal à 0,7. L'Homme de présente donc pas de changement du degré de son latérognathisme pendant sa croissance. (rappelons encore qu'il a été montré dans un chapitre précédent, qu'entre le même z de mac et celui de zm, au maximum de l'arcade zygomatique, un rapport constant avait aussi été trouvé, mais ne valait que 0,5). Dans la phylogénèse, le latérognathisme ne diminue qu'à partir des Simiens, car les Anthropomorphes ont déjà un rapport proche de 0,7 !

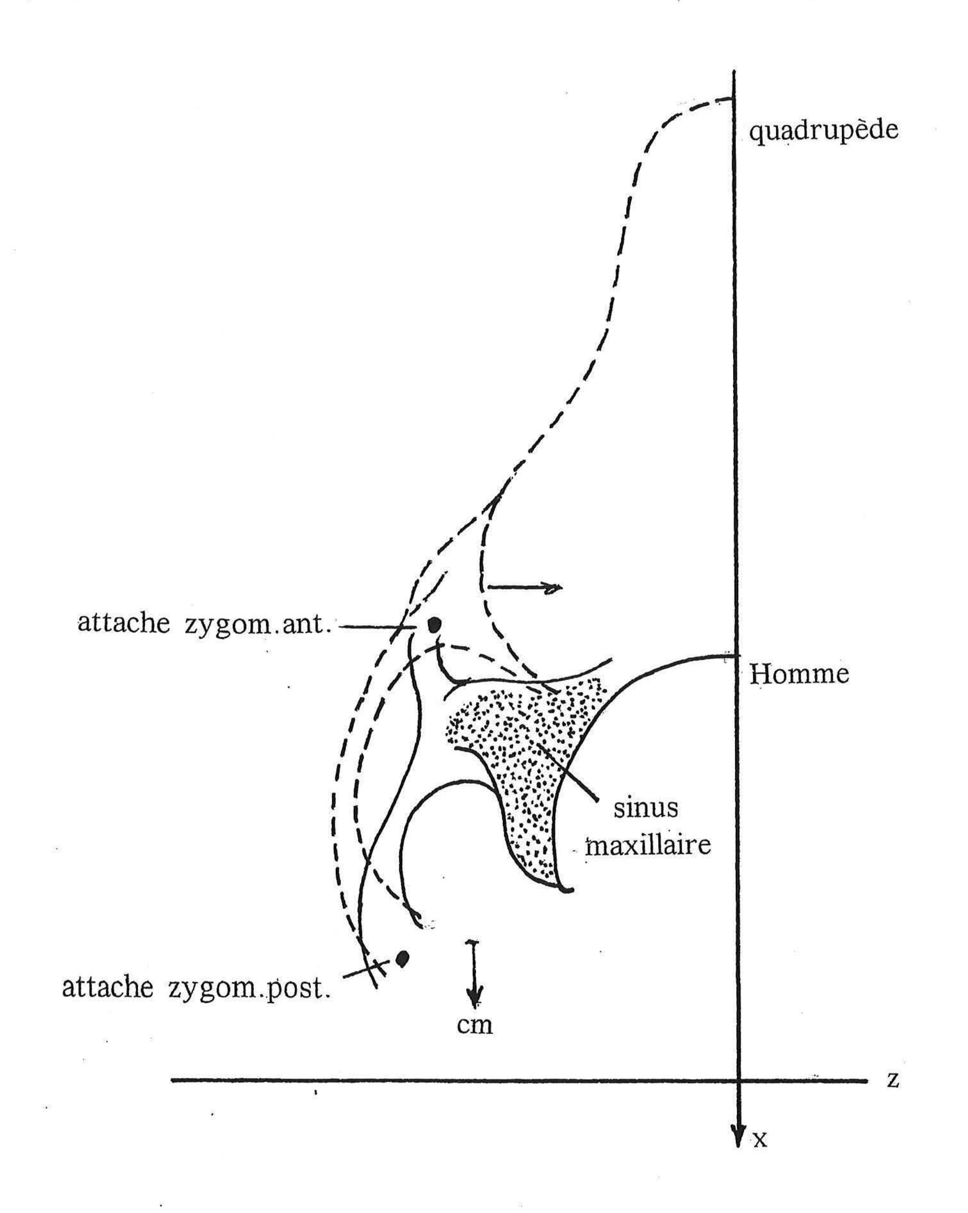
Le **sinus maxillaire** est assez difficile à cerner avec exactitude. Dans notre série, nous l'avons systématisé sous la forme d'une pyramide tronquée dont la grande base (interne) B est la projection de 4 points déjà définis (pb, oif, mac et py), sur un plan parallèle au plan sagittal, et passant par le débouché (cpp) du canal palatin postérieur. La petite base (externe) B' a été considérée, dans nos calculs, comme possédant une surface moitié de l'autre, et parallèle à celle-ci. Elle passe par le point mmi. (elle objective "grossièrement" la surface articulaire maxillo-malaire). La distance entre les bases est appelée H.

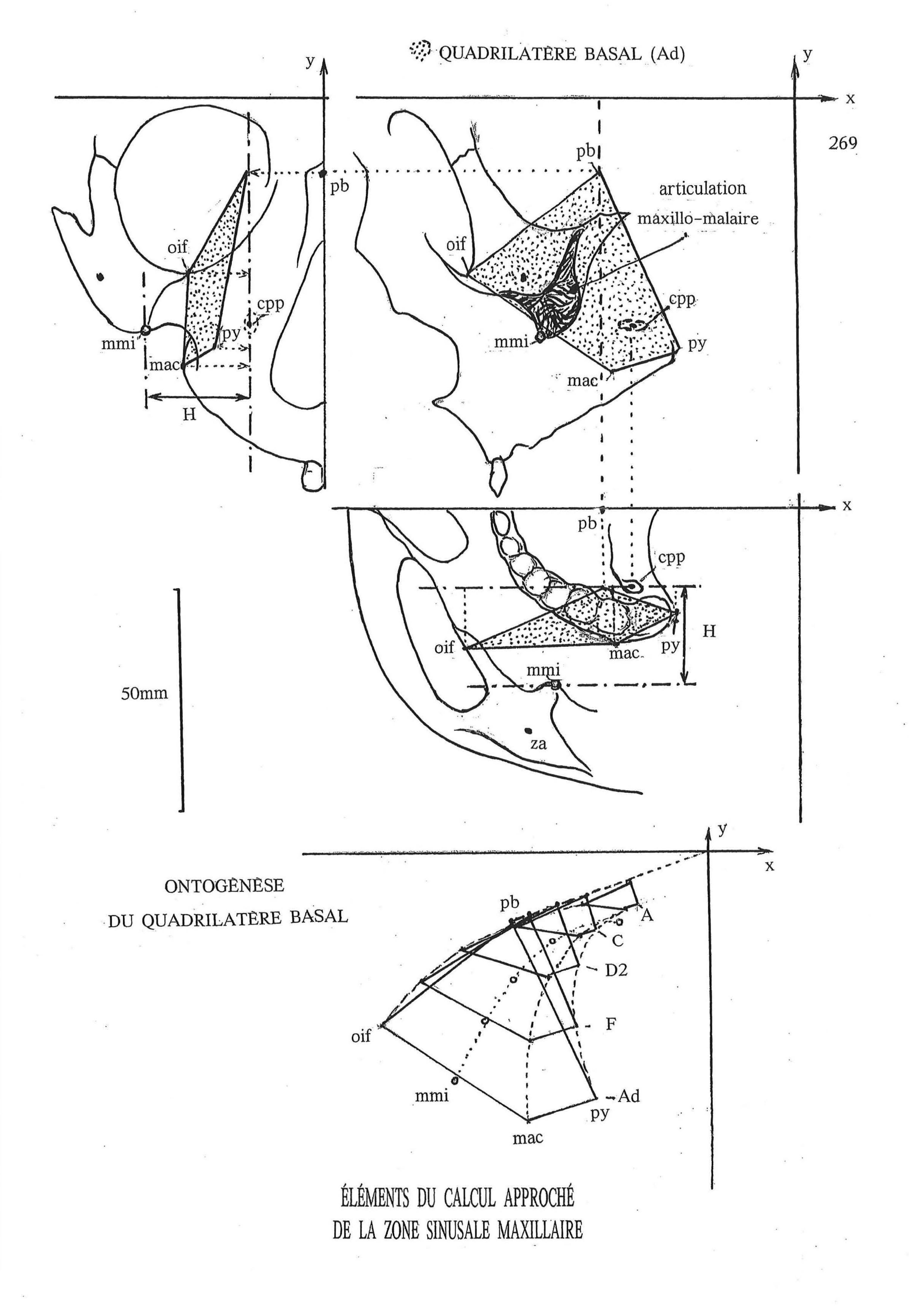
Les calculs montrent que la surface de la base interne (sur.b.int.) augmente, depuis un demi-centimètre carré, au stade A, jusqu'à près de 10 $cm^2$ chez l'adulte. Le volume approché, du sinus maxillaire, assimilé à une pyramide tronquée, peut maintenant être calculé par : $V = 1/3\ H\ [B + B' + \sqrt{BB'}]$ qui, après l'estimation de $B' = B/2$ , devient $V = 0,74\ BH$.

On trouve ainsi des valeurs partant de 0,4 $cm^3$ en A, et atteignant 17 $cm^3$ chez l'adulte. En réalité, les valeurs "utiles" des premiers stades sont moindres, car il faudrait déduire le volume des germes qui y sont contenus (et sont loin d'être négligeables pour les molaires)!

| | | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pb | x | -18 | -23 | -27 | -30 | -34 | -37 | -40 | -42 | -43 |
| | y | -6 | -8 | -10 | -11 | -12 | -13 | -14 | -15 | -16 |
| sur.b.int. | | 0,47 | 0,65 | 0,77 | 1,38 | 2,39 | 3,08 | 4,87 | 5,69 | 9,96 |
| H | | 11 | 13 | 15,5 | 17 | 19 | 19 | 20 | 21 | 23 |
| vol.sin.max | | 0,38 | 0,62 | 0,94 | 1,74 | 3,36 | 4,33 | 7,21 | 8,84 | 16,95 |

(x, y et H en mm. ; surfaces en $cm^2$ ; volumes en $cm^3$ )






ÉLÉMENTS DU CALCUL APPROCHÉ
DE LA ZONE SINUSALE MAXILLAIRE

# FOSSES NASALES

On pourrait les systématiser en considérant, de chaque côté : un espace para-sagittal, du plan médian au niveau latéral du centre du canal palatin postérieur (z de cpp), et le sinus maxillaire, en dehors de ce même niveau latéral, jusqu'à la surface articulaire avec le malaire, regardée comme limite externe du sinus maxillaire.

Le sinus maxillaire a été systématisé précédemment (entre les surfaces appelées **B** et **B'**). Reste à rexaminer la partie parasagittale des fosses nasales. Par contre, on ne tiendra pas compte ici, des autres expansions dans les os voisins, plus difficiles à quantifier valablement.

ESPACE PARA-SAGITTAL

Sa limite extérieure aura la même définition que la "base" **B** du sinus maxillaire (cf. précédemment). En dedans, ce sera un polygone sagittal irrégulier défini par les points : rh, cra,crp,pb (point défini dans le chapitre traitant de la face), hoe, pp et ena. Sa surface est calculée à partir des coordonnées vestibulaires des points précédents par :

$$B'' = \frac{1}{2} \Sigma (x_{i+1} - x_i)(y_{i+1} + y_i)$$

sachant que l'indice est le numéro d'ordre d'un point, dans la suite où il se présente sur le contour du polygone. Avec nos 7 points, en commençant par hoe, d'indice 7, qu'on introduit avec le suivant : pp avec l'indice 6, on poursuit en utilisant la comparaison: 6 / 5 ...etc. On termine par l'introduction de pb (indice 1) avec, à nouveau ,hoe, pour "boucler la boucle".

La surface **B''** débute avec un peu plus de 2 $cm^2$ au stade A, et va jusqu'à plus de 26 $cm^2$ chez l'adulte. En considérant la base interne (**B**) du sinus maxillaire comme limite externe de la portion para-sagittale des fosses nasales, on calcule le volume *V* du tronc de pyramide compris entre **B''** et **B** , surfaces séparées d'une distance **Z** (= le z du point cpp, déjà utilisé comme écart entre la base **B** du sinus maxillaire et le plan sagittal).

$$V = 1/3 . Z \; [ \; B + B'' + \sqrt{B \; B''} \; ]$$

*V* ne vaut guère qu'un centimètre cube au stade A, mais en mesure 30 chez l'adulte. Si l'on y ajoute le volume, déjà calculé, du sinus maxillaire (vol.sin.m), le total obtenu (tot.vol.) est de 1,4 $cm^3$ chez le fœtus de 5 mois, de 3,7 $cm^3$ à la naissance, et de 47 $cm^3$ chez l'adulte. (Toutes ces valeurs concernent un seul côté).

Rappelons qu'à partir d'autres considérations et d'autres conventions, nous avions construit et calculé une sphère (**M**) représentant "globalement" le volume du massif facial (contenant et contenu, y compris l'espace buccal jusqu'au niveau alvéolaire maxillaire). C'est le rayon de cette sphère qui a été apporté dans les tableaux du chapitre correspondant. Le rayon permet de connaitre le volume de la demi-sphère, (4,8 $cm^3$ en A, 8,1$cm^3$ en C et 62,4 $cm^3$ en Ad) et d'estimer la proportion de celle-ci occupée par les cavités nasales (telles qu'on les a définies plus haut). Elle passe de 30% en A, à 50% à la naissance, et à 75% chez l'adulte.

CHOANES

La forme de cet orifice, considéré unilatéralement, répond à un rectangle dont les angles sont arrondis. Sa systématisation se fera par un rectangle central terminé par 2 demi-cercles. La "hauteur" *h* est donnée par la distance séparant les points pp et hoe. Quant à la largeur *l* , celle utilisée pour les fosses nasales (z de cpp) est trop grande; l'orifice est rétréci par l'aile interne de la ptérygoïde. L'observation extérieure de la base du crâne montre que le centre du trou déchiré antérieur (tda) a un écartement sagittal qui demeure identique au niveau de la paroi externe du choane (et il en est pratiquement de même avec le point le plus latéral du trou occipital). C'est le z de tda qui sera retenu comme étant équivalent à *l*.

y
D2 C A
X
F
crp
cra
SURFACE SAGITTALE
DES FOSSES NASALES
Ad
pb
hoe
rh
50mm
nm
pp
nae
ena

y
x
crp
cra
SURFACE SAGITTALE
DES F.NAS. (B'')
pb
hoe
Ad
rh
oif
B'
SURFACE EXTERNE
DU SINUS MAXILLAIRE
(B')
pp
SURFACE INTERNE
DU SINUS MAXILLAIRE
(B)
B
py
B''
mac
mmi
ena

y
z
rh
nm
nae
Ad
ena
ÉCHANCRURE NASALE

y
z
hoe
tda
pp
cpp
mmi
CHOANES Ad

En conséquence, la surface (unilatérale) du choane sera donnée par :

$$S_{ch} = h\,l + l^2\,(\Pi/4 - 1)$$

Elle part de 0,57cm² au stade A, et s'accroît jusqu'à dépasser 4cm² chez l'adulte.

ECHANCRURE NASALE

Considérée dans sa totalité, elle peut être scindée en 3 parties : un triangle supérieur (entre rh et les 2 nm), un triangle inférieur (entre ena et les 2 nae), et un trapèze, situé entre les précédents. Les 2 côtés de celui-ci sont les segments nm↔nae droit et gauche, et les 2 "bases" sont les bi-nm et bi-nae. Ces 3 surfaces sont calculées **dans l'espace** tridimensionnel, car elles ne sont pas situées dans un même plan (comme le montre l'examen latéral du squelette facial).

- triangle supérieur.
on calcule : la projection sagittale de rh↔nm, multipliée par le z de nm.
par exemple, pour le stade fœtal A : 0,22 × 0,25 = 0,06cm²

- triangle inférieur.
on calcule : la projection sagittale de nae↔ena, multipliée par le z de nae.
par exemple, pour le stade A : 0,22 × 0,4 = 0,09cm²

- trapèze.
on calcule : la projection sagittale de nm↔nae, multipliée par (z de nm + z de nae).
par exemple, pour le stade A : 0,64 (0,25 + 0,4) = 0,42cm²

Puis on totalise les 3 surfaces. Cela donne : 0,57cm² pour A et jusqu'à presque 7cm² pour l'adulte.

| | | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| fosse nasale (uni-lat.) | **B"** | 2,29 | 4,55 | 5,23 | 7,04 | 10,44 | 13,36 | 17,53 | 19,14 | 26,45 |
| | **B** | 0,47 | 0,65 | 0,77 | 1,38 | 2,39 | 3,08 | 4,87 | 5,69 | 9,96 |
| | **Z** | 0,8 | 1 | 1,05 | 1,3 | 1,4 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,7 |
| | *V* | 1,01 | 2,31 | 2,80 | 5,00 | 8,32 | 12,19 | 17,93 | 20,00 | 29,83 |
| | vol.sin.m. | 0,38 | 0,62 | 0,94 | 1,74 | 3,36 | 4,33 | 7,21 | 8,84 | 16,95 |
| | tot.vol. | 1,39 | 2,93 | 3,74 | 6,74 | 11,68 | 16,52 | 25,14 | 28,82 | 46,78 |
| | ray.sph.**M** | 1,32 | 1,39 | 1,57 | 1,80 | 2,00 | 2,24 | 2,52 | 2,73 | 3,10 |
| | vol.½sph.**M** | 4,82 | 5,62 | 8,10 | 12,21 | 16,76 | 23,54 | 33,52 | 42,61 | 62,39 |
| | %tot.v./½**M** | 30 | 48 | 50 | 55 | 69 | 70 | 75 | 75 | 75 |
| choane (unilat.) | *h* | 1,25 | 1,70 | 1,70 | 2,20 | 2,37 | 2,62 | 2,72 | 2,74 | 3,01 |
| | *l* | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 1 | 1,1 | 1,3 | 1,5 |
| | S ch. | 0,57 | 0,87 | 0,94 | 1,62 | 1,95 | 2,40 | 2,84 | 3,20 | 4,03 |
| éch. nasale | rh↔nm sag. | 0,22 | 0,30 | 0,36 | 0,54 | 0,42 | 0,32 | 0,50 | 0,54 | 1,49 |
| | surf.trian.sup. | 0,06 | 0,14 | 0,16 | 0,27 | 0,21 | 0,18 | 0,30 | 0,40 | 1,34 |
| | ena↔nae sag. | 0,22 | 0,32 | 0,45 | 0,42 | 0,54 | 0,67 | 0,72 | 0,81 | 0,71 |
| | surf.trian.inf. | 0,09 | 0,16 | 0,27 | 0,29 | 0,40 | 0,34 | 0,68 | 0,89 | 0,92 |
| | nm↔nae sag. | 0,64 | 0,92 | 0,99 | 1,13 | 1,42 | 1,70 | 1,91 | 1,91 | 2,13 |
| | surf.trapèze | 0,42 | 0,83 | 1,04 | 1,36 | 1,78 | 2,29 | 2,96 | 3,53 | 4,69 |
| | tot.éch.nas. | 0,57 | 1,13 | 1,47 | 1,92 | 2,39 | 2,81 | 3,94 | 4,82 | 6,95 |

les valeurs (linéaires, surfaces, volumes) sont en cm, cm² et cm³

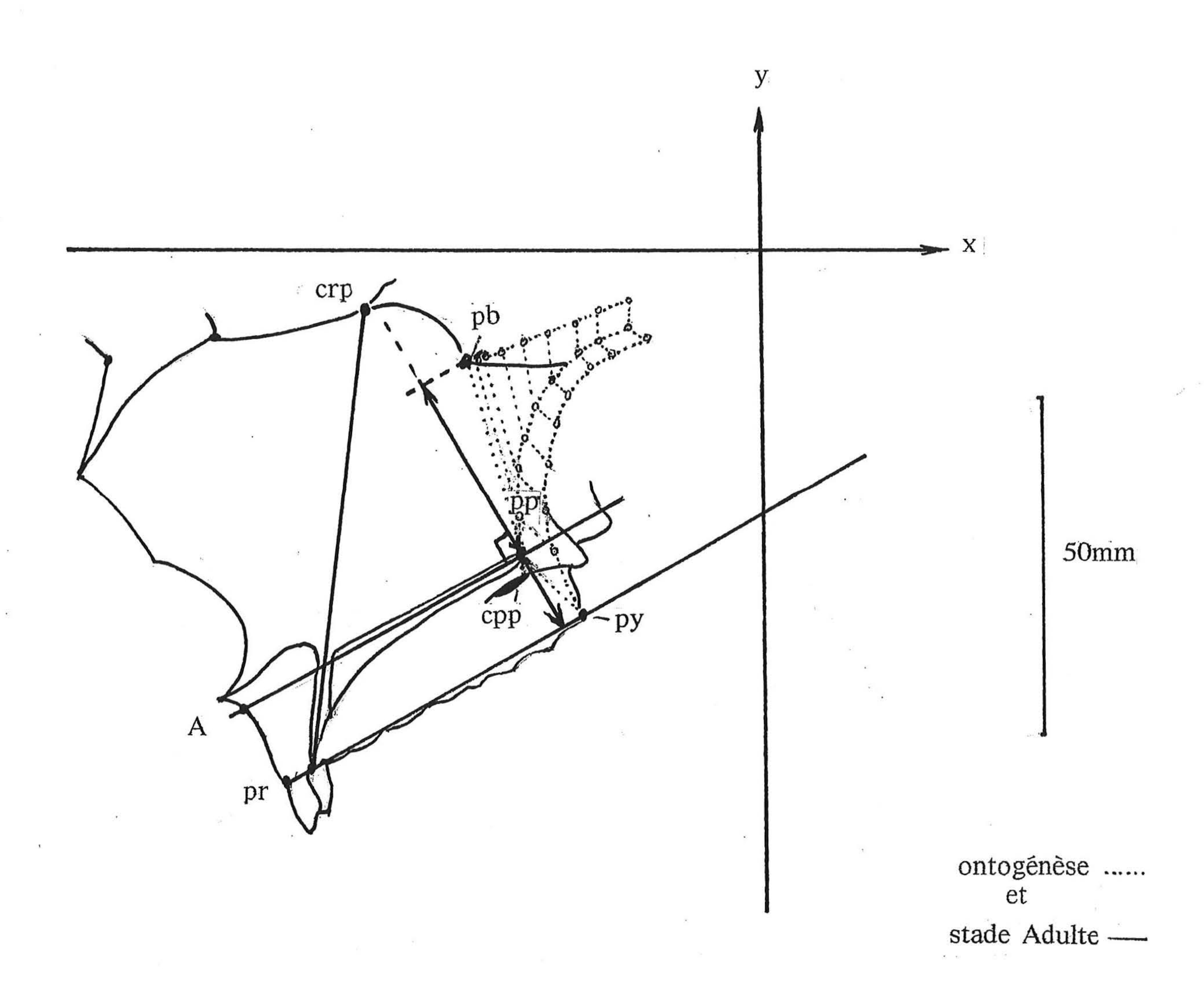
# VOÛTE PALATINE

Sa direction globale est prise entre les 2 tables osseuses (palatine et maxillaire). Elle correspond à une droite joignant le point palatin postérieur (pp) au point A. Elle est parallèle à la projection sagittale du bord alvéolaire maxillaire qu'on trace, classiquement, du prosthion (pr) au point ptérygo-alvéolaire (py). Donc sa pente vestibulaire demeure proche des 30°.

Entre le niveau palatin - d'une part - et celui du bord alvéolaire maxillaire et celui de la face inférieure du sphénoïde - d'autre part - 2 hauteurs partielles peuvent être calculées, en projetant les points pb (défini ailleurs) et py, sur une perpendiculaire à la direction palatine. Un rapport (exprimé en %) est établi entre la zone sous palatine ( donc buccale) et celle (nasale) située au-dessus. Ces % sont de 75 en A, 100 en C, puis 50 jusqu'en F et 40 chez l'adulte.

Cela montre que la partie buccale se développe d'abord (de A à C) sous l'effet de la première poussée dentaire, davantage que la partie nasale. Puis l'inverse se produit jusqu'à l'adulte.

On remarque aussi que (comme l'avait suggéré Beauvieux) la direction du canal palatin antérieur suit une droite qui relie le point criblé postérieur (crp) à la projection sagittale d'un point alvéolaire maxillaire, du côté "lingual", entre l'incisive centrale et l'incisive latérale. Quant au débouché buccal du canal palatin postérieur (cpp), sa position est fournie par ses coordonnées.



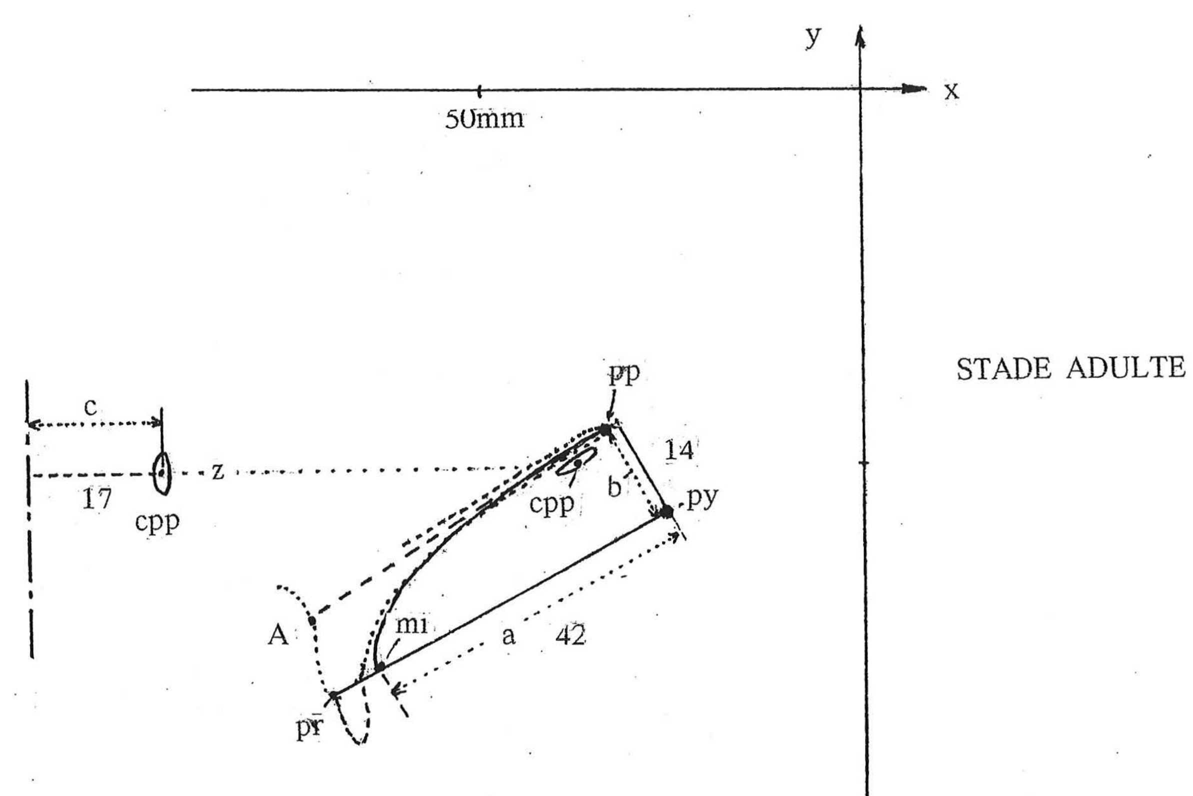
# FACE INFÉRIEURE DE LA VOÛTE PALATINE

La voûte palatine, du côté buccal, est d'abord assez aplatie. Elle devient progressivement concave à mesure de la formation des dents, avec "l'os alvéolaire" qui leur correspond. En nous limitant au bord lingual de celui-ci, nous assimilerons la voûte palatine squelettique à une portion (le quart supérieur et antérieur) d'ellipsoïde irrégulier, donc sans axe "de révolution", et dont il faut tenter d'établir, avec approximation, la surface et le volume.

Il convient, tout d'abord, de définir les 3 demi-axes de cet ellipsoïde; (on peut soit les mesurer soit les calculer). Sur une vue médiane, tracer la droite pr-py (bord alvéolaire approché) et y projeter le point mi. La distance entre cette projection et le point py est le demi-grand axe = a .La projection de pp sur cette même droite fournit b, le demi-axe "vertical" de l'ellipsoïde, et c sera la cote z du point cpp (cf. début de cet ouvrage).

## SURFACE DE LA PORTION D'ELLIPSOIDE

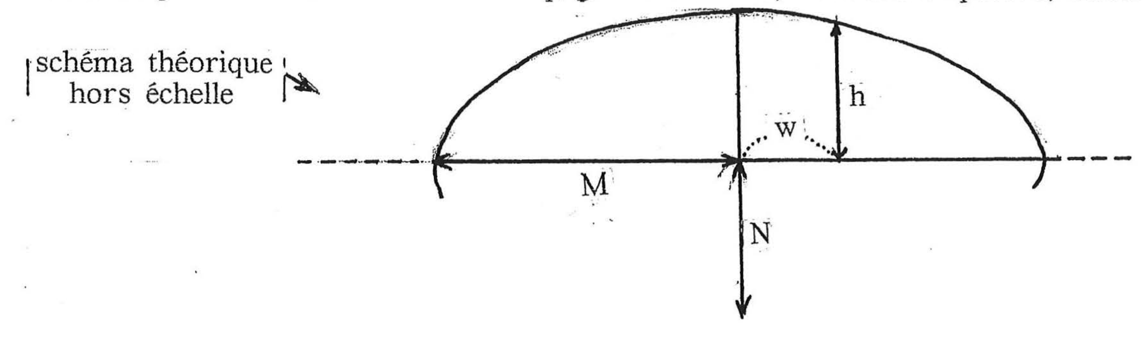
Nous utiliserons d'abord, dans une ellipse quelconque, le calcul de h , perpendiculaire

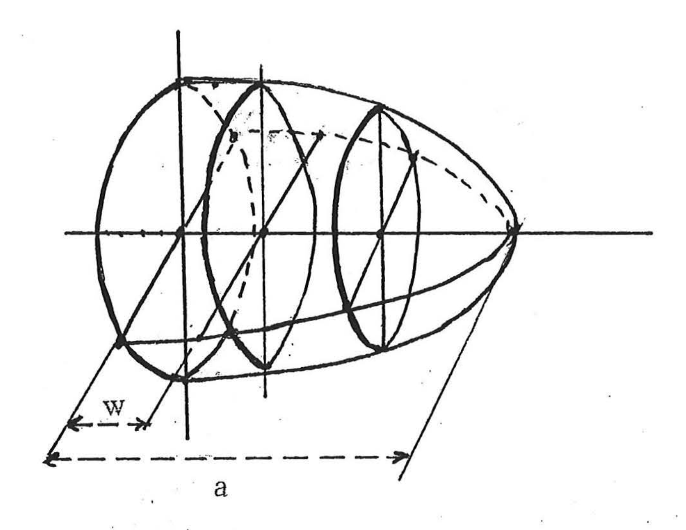



au grand axe, et situé à une distance w du centre de l'ellipse. Connaissant M le plus grand axe et N le plus petit, on peut écrire : $h^2 = N^2 - \left[\frac{w.N}{M}\right]^2$

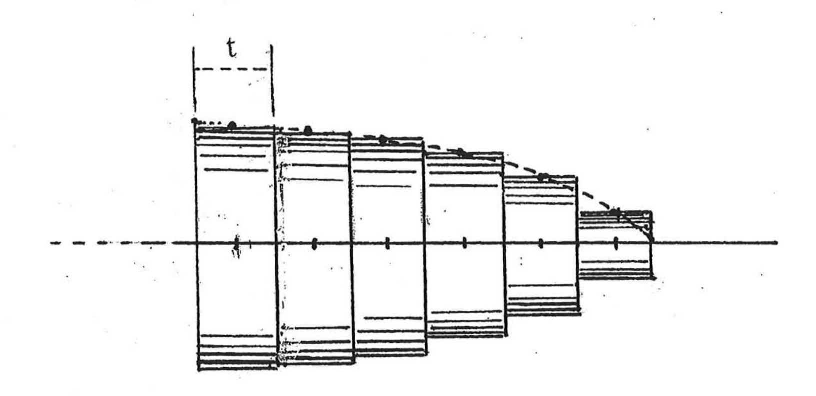
Puis; il faut rappeler que le périmètre d'une ellipse est de $2\pi\sqrt{\frac{M^2+N^2}{2}}$

Ces remarques étant faites, nous allons maintenant procéder par "sommation" de surfaces partielles résultant du découpage en tranches, du **demi**-ellipsoïde, selon son grand






schémas
théoriques
hors échelle




axe (a), chaque surface étant calculée comme celle d'un "cylindre aplati", produit du périmètre de l'ellipse de la tranche, par l'épaisseur (t) de celle-ci, sachant que n est le nombre de tranches (assez élevé pour obtenir une bonne approximation finale), et a = n.t

Si w est la distance (comptée à partir du centre de l'ellipsoïde), sur a , où se situe le milieu de la tranche où est calculé le périmètre de l'ellipse transversale, la première, à partir du centre, est à w=t/2 , la deuxième à t+t/2, la troisième à 2t+t/2 ...etc. Par exemple, pour l'adulte où a=42, on peut considérer 7 tranches de 6mm; les w seront alors de : 3 9 15 21 27 33 et 39.

En pratique, les valeurs : a, b, c et t d'un ellipsoïde seront introduits, en millimètres, dans le calculateur.

On définit d'abord $K= 2\pi\sqrt{½(b^2+c^2)}$ qu'on multiplie par t, qu'on divise par 2 pour avoir le quart (inférieur et antérieur) de l'ellipsoïde, et qu'on divise encore par 100 pour que le résultat final s'exprime en $cm^2$. Une constante est obtenue : Kt/200.

Puis on recherche la somme ($\Sigma$), de 0 à a, des membres $\sqrt{1 - \left[\frac{w}{a}\right]^2}$ obtenus à partir de chaque w retenu, et on effectue le produit :

$$S = \frac{tK}{200}\Sigma\sqrt{1 - \left[\frac{w}{a}\right]^2}$$

S est la surface développée recherchée, de la voûte palatine (côté buccal), assimilée à un quart d'ellipsoïde irrégulier.

Exemple: Stade E (environ 4 ans), avec : a = 32mm, b = 6 mm et c = 14 mm. On retient n = 8 tranches de t = 4mm. Les w seront : 2,6,10,14,18,22,26 et 30. K = 2 × 3,14 × racine de ½($6^2$ + $14^2$) = 67,6719 ; tK/200 = 4 × 67,6719 / 200 = 1,3534 .

Pour w = 2, le membre sous radical = racine de 1 moins le carré de 2/32 = 0,9980. pour w=6, on trouve 0,9823. pour w=10, 0,9499. w=14, 0,8992. w=18, 0,8268. w=22, 0,7262. w=26, 0,5829. w=30, 0,3479. La somme Σ de ces termes est de 6,6613.

Donc la surface développée est de : 1,3534 × 6,6613 = 8,99, soit pratiquement 9 $cm^2$.

Le tableau suivant, apportant les résultats de tous les stades, montre que la surface palatine double entre les stades A et C, puis entre C et E, et pratiquement aussi entre E et l'adulte (qui présente une valeur de presque 16 $cm^2$).

Le degré de précision obtenu peut être estimé en modifiant le nombre et l'épaisseur des tranches. Ainsi, chez l'adulte, avec 7 tranches de 6mm, l'aire est de 15,74$cm^2$ ; elle est de 15,93$cm^2$ avec 14 tranches de 3mm (résultat, en principe, plus précis). Des vérifications peuvent aussi être faites en collant du papier sur l'os et en étalant les fragments pour les mesurer à plat, au planimètre.

| stade | a mm | b mm | c mm | t mm | n | S $cm^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 14 | 2 | 8 | 2 | 7 | 2,02 |
| B | 18 | 3 | 10 | 3 | 6 | 3,30 |
| C | 21 | 4 | 10,5 | 3 | 7 | 4,14 |
| D1 | 24 | 4 | 12 | 3 | 8 | 5,33 |
| D2 | 28 | 5 | 13 | 4 | 7 | 6,84 |
| E | 32 | 6 | 14 | 4 | 8 | 8,99 |
| F | 36 | 8 | 17 | 4 | 9 | 11,84 |
| G | 38 | 9 | 17 | 3,8 | 10 | 12,80 |
| Ad | 42 | 14 | 17 | 3 | 14 | 15,93 |

VOLUME BUCCAL

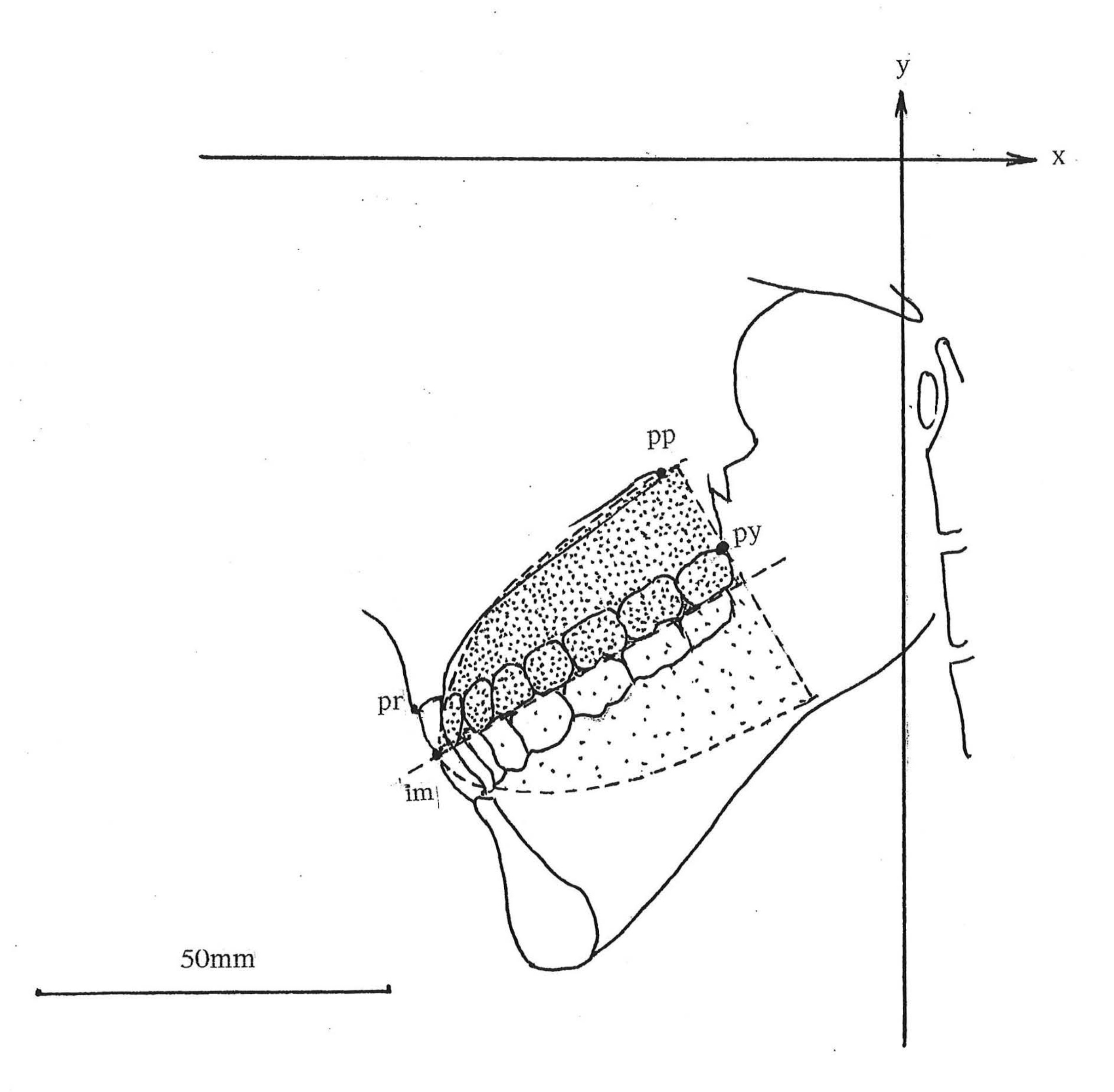
Pour avoir une estimation d'un volume buccal squelettique, tel que nous allons le définir, les mêmes comparaisons avec une portion d'ellipsoïde irrégulier seront employées. (quant à la surface, son intérêt est moindre, mais elle pourrait aussi être calculée).

Ici, la zone dentaire maxillaire doit être ajoutée à la zone palatine, pour l'étude de toute la partie buccale au-dessus du plan d'occlusion. A titre indicatif, nous allons aussi proposer le double de cette valeur pour avoir une représentation plus ou moins approchée de la bouche squelettique totale, malgré l'absence d'un plancher osseux!

Nous considérons d'abord le plan d'occlusion (tel qu'il a déjà été défini à la page 169). Le demi-axe antéro-postérieur (a') de l'ellipsoïde adapté est limité en avant par le point inter-incisif médian et en arrière par la projection du point py sur ce plan. Le demi-axe supérieur (b') est le segment projeté de pp sur le plan d'occlusion, et le demi-axe transversal (c') est le z du py.

Le volume (V) du quart antéro-supérieur de l'ellipsoïde bâti à partir des paramètres précédents est de 1/1000 du tiers du produit π a' b' c' ( en $cm^3$ lorsqu'on introduit a', b' et c' en mm). Le tableau suivant montre que V est 5 fois plus grand à la naissance que chez le fætus de 5 mois, 4 fois plus à 4 ans qu'à la naissance, et 3 fois plus chez l'adulte qu'à 4 ans. Le double (2V) donne 48 $cm^3$ chez l'adulte; mais, bien entendu, les parties molles, dont la langue, ne sont pas prises en considération. Par ailleurs, la limite postérieure, frontière avec le pharynx, est également assez conventionnelle!

| stade | a' mm | b' mm | c' mm | V $cm^3$ | 2V $cm^3$ |
|---|---|---|---|---|---|
| A | 17 | 2 | 12 | 0,43 | 0,80 |
| B | 23 | 4 | 13 | 1,25 | 2,5 |
| C | 24 | 5 | 15 | 1,88 | ~4 |
| D1 | 27 | 7 | 17 | 3,36 | ~7 |
| D2 | 33 | 8 | 18 | 4,97 | 10 |
| E | 38 | 10 | 20 | 7,96 | 16 |
| F | 42 | 15 | 21 | 13,85 | 28 |
| G | 44 | 16 | 22 | 16,22 | 32 |
| Ad | 50 | 20 | 23 | 24,08 | 48 |




demi-ellipsoïde buccal

STADE ADULTE

# Rapports Prosthion-neurocrâne

De telles relations ont déjà été évoquées (cf. chapitre des "volumes") et d'autres pourraient l'être encore (lors de considération sur le neurocrâne). Présenrement, nous allons faire intervenir le bord sagittal du pariétal et des éléments de la base cranienne.

Les classiques admettent (**chez l'adulte** !) l'existence d'un angle droit entre : d'une part les directions pr↔br et na↔ba et, d'autre part, entre la direction pr↔L et le clivus. Les relations géométriques ressortant des 2 triangles hachurés de la figure jointe permettent d'obtenir effectivement les valeurs de ces angles. Le premier est effectivement un angle droit chez l'adulte. Les mêmes relations appliquées aux types moyens de nos 8 autres stades ontogéniques confirment (à 2 ou 3 degrés près, chez l'enfant) l'orthogonalité entre pr↔br et na↔ba. Un mouvement rotatoire léger (4°) intéresse à la fois les 2 droites concernées. Par contre, la seconde relation est plus aléatoire; entre pr↔L et le clivus, l'angle augmente depuis 78° au stade A, jusqu'à 93° chez l'adulte. Cette augmentation (de 15°) semble liée davantage à la rotation du clivus (↗ 10) qu'au recul du lambda (↗ 5).

ARCS "CAPABLES"

Dans le tableau joint, on trouve aussi un angle @ br↔pr↔L ayant son sommet au prosthion et dont les côtés passent par br et L. Il a son intérêt dans le tracé de "l'arc capable" du prosthion par un procédé qui peut situer ce point relativement à des structures qui en sont éloignées. Par exemple, sur une calotte cranienne isolée, dépourvue de squelette facial, on peut apprécier l'endroit où devrait se trouver le prosthion, avec le plus de vraisemblance.

"L'arc capable" d'un segment est le lieu géométrique des points à partir desquels on "voit" ce segment sous un angle constant, donné. La figure jointe concernant l'adulte, applique deux fois ce procédé ; d'abord à partir de l'angle (34°) interceptant la droite br↔L, puis de l'angle (26°) dont les côtés passent par na et br.

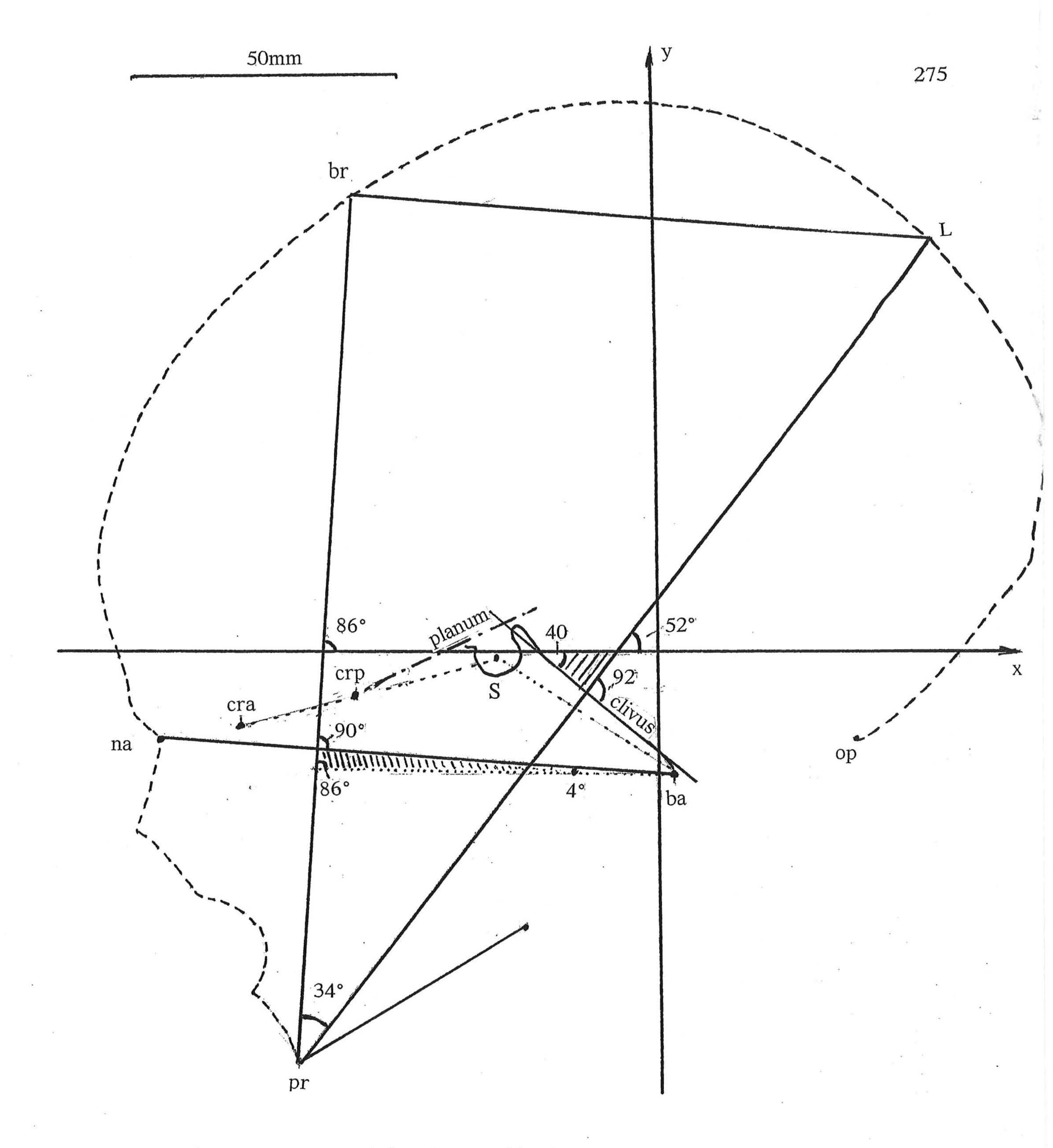
Dans le premier cas, on trace un angle de 34° au lambda de façon à ce que l'un des côtés de cet angle coïncide avec br↔L et on élève une perpendiculaire à l'autre côté, à partir du L. Puis, la médiatrice à br↔L est tracée (= perpendiculaire au milieu de ce segment). La rencontre de ces 2 dernières droites fournit un point qui est le centre d'un cercle dont le rayon s'obtient en rejoignant (par exemple) le lambda. Le pr se trouve "quelque part" sur le cercle en question. On comprend alors la nécessité de recommencer l'opération avec un autre segment (par exemple na↔br) vu du même pr, mais sous un angle de 26°. Le point recherché est à l'intersection de ces 2 cercles. Rien n'empèche de vérifier cette position à l'aide d'autres essais, en prenant notamment la somme des 2 angles : 34+26=60°, concernant le segment na↔L.

| | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| @ br↔pr↔L | 42 | 42 | 41 | 41 | 41 | 38 | 36 | 34 | 34 | ↘8 |
| @ na↔pr↔br | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 23 | 24 | 26 | 26 | ↗4 |
| @ na↔pr↔L | 64 | 64 | 63 | 63 | 63 | 61 | 60 | 60 | 60 | ↘4 |

On remarquera, au passage, que l'angle @ ba↔pr↔L diminue (de 8°) pendant la croissance, par abaissement du pr. L'angle @ na↔pr↔br augmente (de 4°) par avancée prédominante du nasion. Il en résulte une diminution de 8-4=4 degrés de l'ensemble des 2 angles . C'est le gain en hauteur, de la face, qui l'emporte légèrement sur son degré d'avancée.

---

N.B. - le sens dans lequel les angles sont comptés, dans ce fascicule, est toujours précisé dans l'iconographie associée au texte.




RELATIONS:PROSTHION-BASE DU CRÂNE
STADE ADULTE

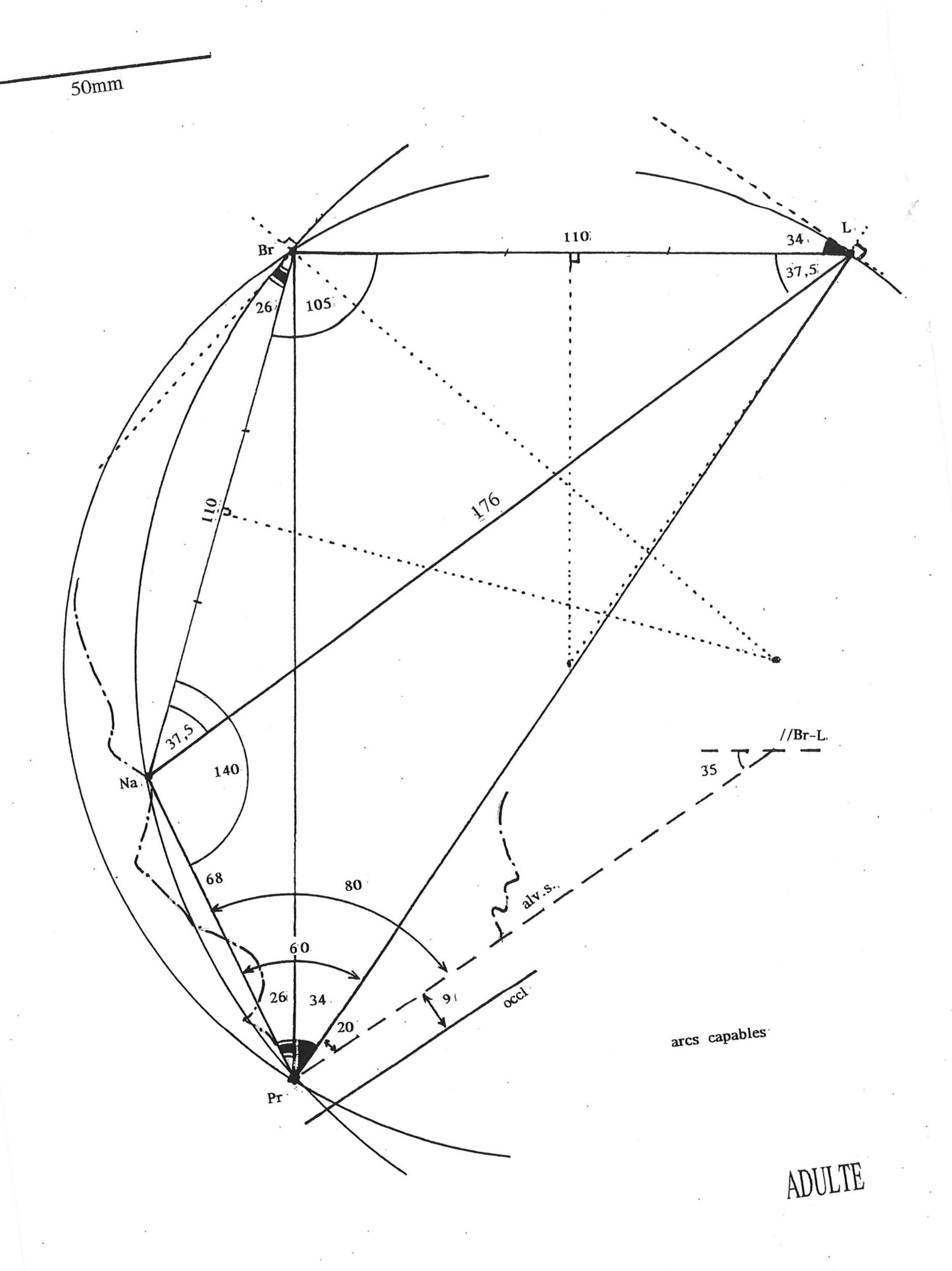
RELATIONS GÉOMÉTRIQUES

pr↔br / V = pr↔br / na↔ba - na↔ba / V
86 = 90 - 4
pr↔L / V = pr↔L / cliv - cliv / V
52 = 92 - 40
@ br↔pr↔L = pr↔br / V - pr↔L / V
34 = 86 - 52

EVOLUTION ANGULAIRE
DE A à Ad

RELATIONS: PROSTHION-BASE DU CRÂNE
ONTOGÉNÈSE

| | pr↔br/V | pr↔br/na↔ba | na↔ba/V | pr↔L/V | pr↔L/cliv | cliv/V | @br↔pr↔L |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 90 | 94 | 4 | 47 | 78 | 31 | 42 |
| B | 90 | 94 | 4 | 48 | 81 | 33 | 42 |
| C | 89 | 93 | 4 | 49 | 84 | 35 | 41 |
| D1 | 89 | 93 | 4 | 49 | 85 | 36 | 41 |
| D2 | 88 | 92 | 4 | 49 | 89 | 40 | 41 |
| E | 87 | 90 | 3 | 49 | 89 | 40 | 38 |
| F | 86 | 90 | 4 | 50 | 90 | 40 | 36 |
| G | 86 | 90 | 4 | 51 | 91 | 40 | 34 |
| Ad | 86 | 90 | 4 | 52 | 92 | 40 | 34 |



50mm
Br
L
110
34
37,5
26
105
110
176
37,5
140
Na
//Br-L
35
68
80
alv.s.
60
26
34
9
occl
20
Pr
arcs capables

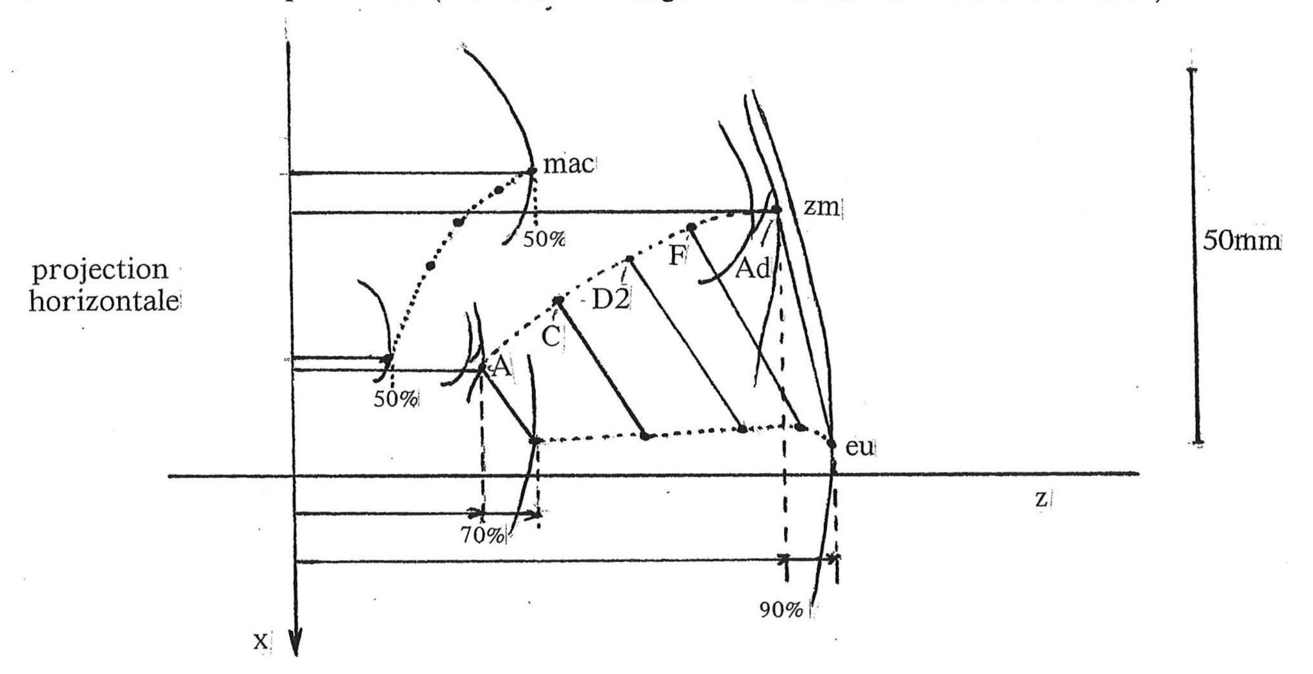

ADULTE

# LE RELIEF ZYGOMATIQUE

La "pommette" est la partie antérieure de l'arcade zygomatique. Cette dernière a déjà été abordée à plusieurs reprises dans ce travail, notamment lors de l'étude générale sur les "volumes". L'examen de vues inférieures orientées, des stades ontogéniques successifs, montre que l'arcade zygomatique ("l'anse du crâne" de certains auteurs) se rapproche progressivement du profil maximum du neurocrâne, pour en rejoindre pratiquement le niveau latéral. Ainsi, le "rattrapage", par la face, du degré de développement neurocranien, évident sur des vues latérales, existe aussi dans le sens transversal.

Ce fait peut être explicité par des rapports entre les z de couples de points, tels que le zygomatique maximum (zm) comparé à l'euryon (eu). On calcule le % de la cote du point zm, par rapport à celle du point neurocranien le plus latéral (eu). On observe que ce % (non rapporté dans nos tableaux) est d'abord aux environs de 70, chez les fœtus, puis s'accroît en arrivant à 74 en D2, à 83 en G, et à 90 (tendant vers 100) chez l'adulte.

Rappelons aussi que le zm a un éloignement, par rapport au plan médian, constamment double de celui du point mac (maximum de largeur de l'arcade alvéolaire maxillaire).




ETUDE SPACIALE TRIDIMENTIONNELLE

SEGMENTS

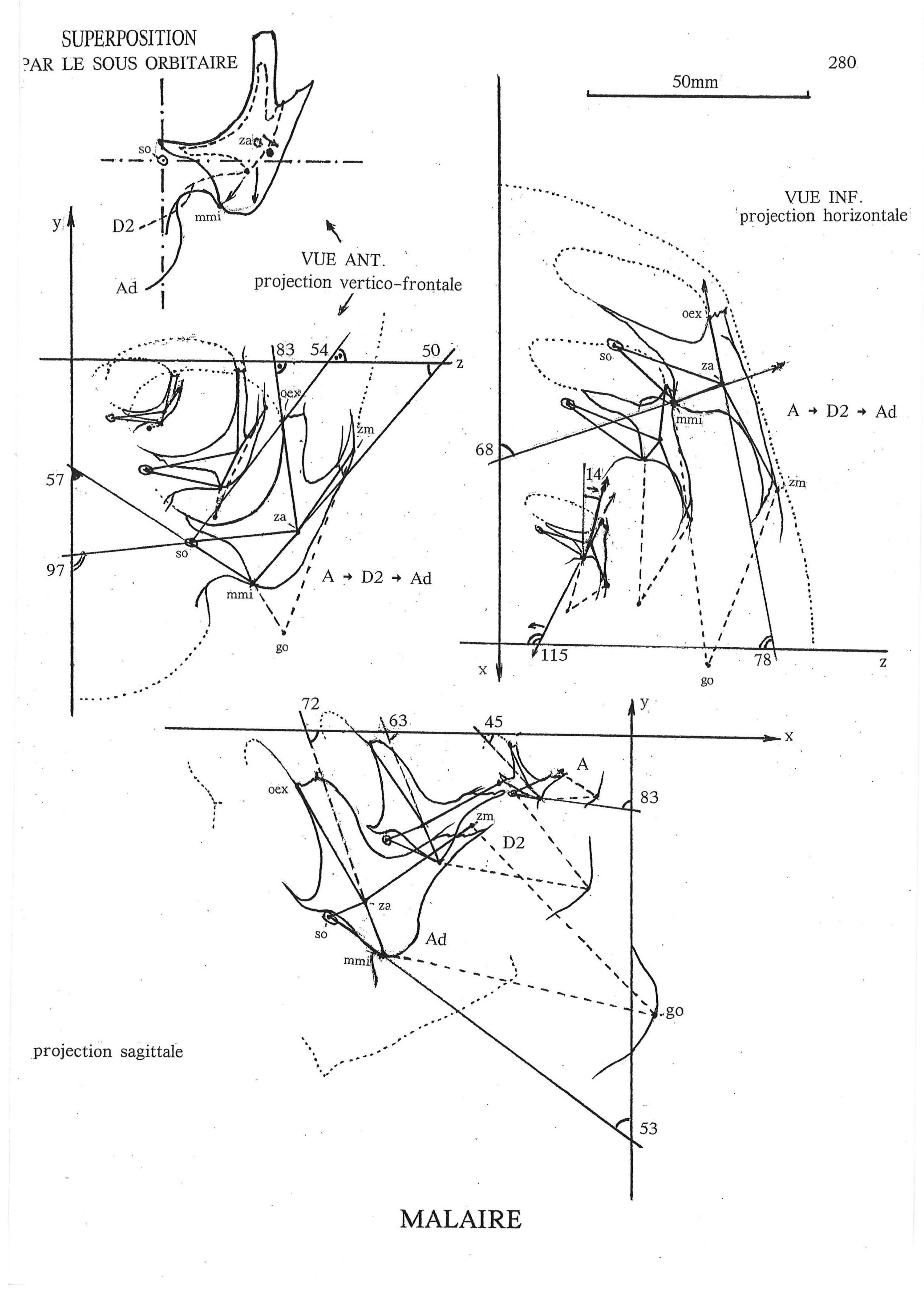
La région zygomatique, et plus spécialement l'os malaire, sont étudiés ici à partir de la position de 5 points, grâce à leurs coordonnées vestibulaires : le zygomatique antérieur (za), encadré par les points : so, zm, mmi et oex. Les segments unissant les 4 derniers points sont calculés. Si on les joint à za, une pyramide **irrégulière** à 4 pans est obtenue. Elle possède 4 arêtes inégales. Le tableau joint montre que les arêtes za↔zm et za↔oex s'accroissent nettement plus que les 2 autres, ce qui suggère une mise en relief de za.

SURFACES

Les surfaces des 4 pans (triangulaires) peuvent être calculés puisqu'on connait aussi les segments servant de **cadre** (les bases des triangles). La surface du triangle possédant, à la fois, les points oex et zm, est celle qui devient la plus grande chez l'adulte (4,9 $cm^2$) alors

| | | | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| paramètres linéaires (en mm) | cadre zyg. | oex↔zm | 14,4 | 17,2 | 19,8 | 24,0 | 31,1 | 34,9 | 38,3 | 41,1 | 42,9 |
| | | zm↔mmi | 9,9 | 13,9 | 17,8 | 21,0 | 24,9 | 26,0 | 29,9 | 33,9 | 42,8 |
| | | mmi↔so | 12,8 | 14,9 | 17,6 | 19,6 | 21,2 | 22,6 | 23,5 | 22,7 | 20,5 |
| | | so↔oex | 17,8 | 21,3 | 23,9 | 27,3 | 30,6 | 32,4 | 35,5 | 36,2 | 36,5 |
| | | zm↔so | 21,2 | 26,7 | 32,0 | 36,4 | 40,0 | 42,0 | 48,0 | 49,7 | 53,2 |
| | | mmi↔oex | 15,0 | 17,7 | 20,2 | 24,0 | 30,5 | 34,8 | 37,0 | 40,3 | 43,1 |
| | arêtes pyr | za↔zm | 10,5 | 11,9 | 17,3 | 18,0 | 21,7 | 23,2 | 26,3 | 27,5 | 32,7 |
| | | za↔mmi | 5,7 | 5,7 | 7,4 | 7,8 | 9,4 | 11,0 | 11,7 | 13,2 | 16,1 |
| | | za↔so | 12,1 | 15,8 | 18,3 | 21,7 | 21,9 | 24,4 | 25,3 | 25,4 | 25,5 |
| | | za↔oex | 9,4 | 12,0 | 13,8 | 17,0 | 21,4 | 25,2 | 26,6 | 28,6 | 30,2 |
| | mass. | mmi↔go | 12,4 | 17,5 | 22,1 | 27,7 | 33,6 | 38,3 | 46,7 | 53,8 | 62,6 |
| | | zm↔go | 12,9 | 18,0 | 22,3 | 27,7 | 32,9 | 39,2 | 46,2 | 52,8 | 60,8 |
| surfaces ($cm^2$) | malaire | za/so/oex | 0,53 | 0,94 | 1,26 | 1,84 | 2,34 | 3,04 | 3,39 | 3,61 | 3,81 |
| | | za/oex/zm | 0,49 | 0,71 | 1,17 | 1,53 | 2,32 | 2,92 | 3,49 | 3,92 | 4,92 |
| | | za/zm/mmi | 0,28 | 0,34 | 0,63 | 0,69 | 1,01 | 1,27 | 1,53 | 1,73 | 2,31 |
| | | za/mmi/so | 0,34 | 0,42 | 0,65 | 0,76 | 0,99 | 1,24 | 1,37 | 1,49 | 1,65 |
| | | Σ | 1,64 | 2,41 | 4,00 | 4,82 | 6,66 | 8,48 | 9,79 | 10,75 | 12,69 |
| | mass | mmi/zm/go | 0,58 | 1,13 | 1,81 | 2,69 | 3,84 | 4,74 | 6,57 | 8,56 | 12,37 |
| paramètres angulaires (en °) | ∧ en za | oex/za/zm | 93 | 92 | 91 | 90 | 89 | 88 | 87 | 86 | 85 |
| | | oex/za/so | 112 | 100 | 98 | 93 | 90 | 88 | 85 | 82 | 81 |
| | | so/za/mmi | 85 | 83 | 80 | 68 | 67 | 65 | 63 | 58 | 51 |
| | | mmi/za/zm | 70 | 81 | 83 | 99 | 102 | 104 | 105 | 109 | 117 |
| | | Σ | 360 | 356 | 352 | 350 | 348 | 345 | 340 | 335 | 334 |
| | autres | za/mmi/zm | 77 | 72 | 71 | 60 | 57 | 55 | 55 | 51 | 43 |
| | | za/mmi/so | 69 | 71 | 75 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 88 |
| | | zm/oex/za | 46 | 46 | 46 | 47 | 48 | 49 | 49 | 50 | 50 |
| | | za/oex/so | 39 | 40 | 40 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 44 |
| | | so/mmi/zm • | 138 | 135 | 129 | 127 | 120 | 119 | 116 | 114 | 109 |
| | | oex/zm/mmi• | 74 | 68 | 65 | 65 | 64 | 64 | 63 | 62 | 60 |
| | | oex/so/mmi | 55 | 56 | 57 | 59 | 69 | 74 | 76 | 83 | 94 |
| | | so/oex/zm • | 81 | 85 | 87 | 89 | 85 | 84 | 84 | 83 | 84 |
| | mass. | mmi/go/zm | | | | de 40 à 47 | | | | | |
| | | zm/mmi/go | | | | de 66 à 72 | | | | | |
| | | mmi/zm/go | 64 | 65 | 66 | 68 | 69 | 70 | 72 | 72 | 72 |

Résultats obtenus **dans l'espace**


SUPERPOSITION
PAR LE SOUS ORBITAIRE
so
za
mmi
D2
Ad
y
VUE ANT.
projection vertico-frontale
50mm
VUE INF.
projection horizontale
83
54
50
z
oex
zm
57
za
97
so
mmi
A → D2 → Ad
go
oex
so
za
mmi
68
A → D2 → Ad
14
zm
115
78
x
z
go
72
63
45
y
x
oex
A
83
zm
D2
za
so
Ad
mmi
go
projection sagittale
53

MALAIRE

| | | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| proj. horiz. | oex↔za / trans. | 115 | 110 | 100 | 95 | 90 | 88 | 85 | 80 | 78 |
| | za↔mmi / sag. | 14 | 25 | 30 | 36 | 37 | 43 | 45 | 54 | 68 |
| proj. vertic.fr. | oex↔za / trans. | 111 | 100 | 95 | 90 | 88 | 87 | 86 | 85 | 83 |
| | za↔mmi / trans. | 76 | 69 | 67 | 66 | 65 | 60 | 55 | 53 | 50 |
| | za↔so / sag. | 105 | 104 | 103 | 102 | 101 | 100 | 99 | 98 | 97 |
| | so↔mmi / sag. | 85 | 84 | 82 | 80 | 77 | 74 | 70 | 65 | 57 |
| | so↔oex / trans. | 38 | 41 | 43 | 44 | 46 | 47 | 50 | 52 | 54 |
| proj. sagitt. | za↔mmi / hor. | 45 | 58 | 60 | 63 | 63 | 64 | 65 | 70 | 72 |
| | so↔mmi / vertic. | 83 | 82 | 79 | 75 | 72 | 71 | 70 | 69 | 53 |

(angles en degrés)

**projections** sur les plans vestibulaires

que celle possédant, à la fois, le so et le mmi, devient la plus petite (1,6 $cm^2$). La somme $\Sigma$ de ces 4 surfaces triangulaires passe de 1,64 (stade A) à plus de 12 $cm^2$ (adulte), elle est donc devenue 20 fois plus grande.

ANGLES

En demeurant dans le cadre de la tridimensionnalité, on peut, à partir de la connaissance des côtés des triangles, en calculer les angles et notamment ceux dont le sommet est en za. 3 d'entre eux diminuent, et le quatrième (mmi/za/zm) augmente. Il vaut 70° au stade A et 117° chez l'adulte. Donc, par rapport au za en déplacement ontogénique, le mmi évolue nettement en bas, en avant et en dedans.

Réciproquement, et par rapport au mouvement des autres points, on peut dire que le zygomatique antérieur prend du **relief**. Cela peut encore se déduire de l'évolution de la somme ($\Sigma$) des 4 angles centrés en za. Elle est de ~360° chez le fœtus de 5 mois, puis diminue jusqu'à 334°. Ainsi, au début, les 5 points (donc les 4 arêtes) sont "pratiquement" dans un même plan. Puis le za s'éloigne des 4 autres qui constituent 2 triangles dont les plans diffèrent.

INFLUENCE MASSÉTÉRINE

Les mouvement qui viennent d'être évoqués sont manifestement en rapport avec le développement du muscle masséter (mass) qui opère une traction sur la partie basse du malaire. C'est pourquoi nous avons ajouté, aux points précédemment utilisés, le gonion (go). En joignant ce point mandibulaire aux points mmi et zm de l'arcade zygomatique, un nouveau triangle est déterminé. Il est pratiquement isocèle à tous les stades comme le montre l'étude des angles et celle des segments (avec quasi-égalité entre go↔zm et go↔mmi). La surface de ce triangle fournit une base d'appréciation de la surface musculaire concernée (en vue latérale). Mais, étant donné l'étendue de l'insertion massétérine sur la mandibule, les valeurs apportées sont plus vraisemblables si on les double; cela donne 1,2 $cm^2$ en A, et jusqu'à presque 25 $cm^2$ chez l'adulte.

PROJECTIONS

L'évolution de certains angles peut être analysée (de façon bi-dimensionnelle) par des projections sur les 3 plans de l'espace vestibulaire, en mettant en exergue l'incidence où l'évolution de chacun des angles est la mieux visualisée.

MALAIRE

STADE ADULTE

Projection horizontale des segments

oex↔za - Il inverse son orientation en passant de 115° à 78° sur l'axe transverse (trans). Le point zygomatique antérieur devient finalement plus latéral que l'orbitaire externe.
za↔mmi - Relativement au plan sagittal (sag), il passe de 14°à 68°, accompagnant ainsi la mise en relief du za.

Projection vertico-frontale des segments

oex↔za - son angulation sur l'axe transverse confirme le résultat obtenu en projection horizontale; il passe de 111° à 83°.
za↔mmi - l'angle qu'il forme avec l'axe transverse diminue, de 76° à 50°, par latéralisation du za.
za↔so - par rapport à l'axe sagittal, il diminue légèrement, mais l'angle étudié reste ouvert en bas. za↔so tend vers une horizontalisation.
so↔mmi - en plaçant so au centre d'un système d'axes parallèles aux axes vestibulaires, le mouvement d'abaissement de mmi devient particulièrement net, davantage que si on l'apprécie relativement au plan sagittal.
so↔oex - son angulation avec l'axe transverse augmente. Cela est lié surtout à l'abaissement de so, subissant la croissance verticale de la face.

Projection sagittale des segments (avec, parmi eux, 2 segments déjà étudiés sur les autres projections)

za↔mmi - par rapport à l'axe horizontal (hor), il passe de 45° à 72°, montrant ainsi une tendance à une certaine verticalisation par avancée et descente relative de mmi.
so↔mmi - rapporté à l'axe vertical (vertic) il passe de 83° à 53° par descente relative de mmi sur so.
za↔zm - ce segment pourrait être ajouté aux précédents car il permet de fournir (éventuellement!) une orientation à base zygomatique. Sa pente, mesurée par rapport à l'horizontale vestibulaire, augmente ( de 20° en A, elle vaut 25° en D2 et 36° chez l'adulte).

VOLUME

Pour approcher la notion de volume malaire, il faut décomposer la zone en un ensemble de 2 tétraèdres accolés par une face commune : le triangle so↔za↔zm et dont les extrêmités sont le za et le mmi.

La surface (surf) des bases (oex↔zm↔so et mmi↔zm↔so) des 2 tétraèdres est facilement obtenue à partir de la connaissance de leurs côtés. Quant à leurs hauteurs (H), elles partent toutes 2 du même point (za) mais n'ont ni la même direction ni la même valeur, à cause du fait que les 2 triangles de base ne sont pas forcément dans un même plan. Il convient donc d'en faire la recherche, en utilisant le procédé trigonométrique déjà détaillé précédemment (chapitre traitant de la fosse sphéno-temporale). Seuls les résultats en seront apportés dans le tableau joint ci-après. Cela nous permettra alors de connaître le volume (Vt) de chacun de ces 2 tétraèdres, et d'en faire la somme ($\sum$ Vt).

Partant de 0,14 $cm^3$ (en A), on passe à 0,67 $cm^3$ à la naissance puis, de façon progressive, à 4,4 $cm^3$ chez l'adulte. (donc 30 fois plus). Bien entendu, il ne sagit pas, strictement parlant, du volume de l'os malaire, mais de celui du cadre dans lequel on l'a inscrit (et qui ne tient pas compte de la portion la plus basse et latérale de l'os, sous le niveau du mmi, ni de l'expansion orbitaire).

| | | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| oex↔zm↔so | surf | 1,27 | 1,83 | 2,36 | 3,27 | 4,70 | 5,51 | 6,71 | 7,32 | 7,78 |
| | H | 0,22 | 0,24 | 0,52 | 0,72 | 0,80 | 1,06 | 0,89 | 0,86 | 1,19 |
| | Vt | 0,09 | 0,15 | 0,41 | 0,78 | 1,25 | 1,95 | 1,99 | 2,09 | 3,09 |
| so↔zm↔mmi | surf | 0,43 | 0,72 | 1,21 | 1,63 | 2,28 | 2,56 | 2,78 | 3,28 | 4,14 |
| | H | 0,38 | 0,33 | 0,65 | 0,61 | 0,69 | 0,92 | 0,87 | 0,80 | 0,96 |
| | Vt | 0,05 | 0,08 | 0,26 | 0,33 | 0,52 | 0,78 | 0,81 | 0,87 | 1,32 |
| | ∑Vt | 0,14 | 0,23 | 0,67 | 1,11 | 1,77 | 2,73 | 2,80 | 2,96 | 4,41 |

( en cm, $cm^2$ et $cm^3$)

# L'ORBITE

Les 5 points qui positionnent l'ouverture orbitaire ont été définis en début d'ouvrage. En outre, on utilisera le trou optique (top) comme sommet de l'orbite. L'évolution ontogénique de la cavité orbitaire est étudiée à partir des projections de ces points et des segments qui les unissent, sur les 3 plans de l'espace vestibulaire. Cette croissance est sous la dépendance des trajets ontogéniques des points orbitaires, déjà exposés.

On calcule d'abord (dans l'espace) les 2 diamètres adoptés : largeur (oex↔oit) et hauteur (os↔oif) de l'ouverture orbitaire.

L'orbite étant décrite, en anatomie, comme présentant 4 faces, nous la styliserons par une pyramide quadrangulaire. La base, rectangulaire, de celle-ci utilisera les 2 segments précédents, comme côtés (bien qu'ils ne se situent pas exactement dans un même plan et qu'ils ne soient pas strictement perpendiculaires entre eux). La surface de cette base va de 3 à 15 $cm^2$ , du stade A à l'adulte. En réalité, l'orbite s'élargit assez notablement immédiatement en arrière de son ouverture; compte tenu de ce fait, la surface précédente a été majorée "forfaitairement" de 10%.

Si l'on adopte le segment om↔top comme hauteur de la pyramide, le volume de celle-ci peut être calculé. Il va de 1,7 à 28,5 $cm^3$, de A à l'adulte. Ces valeurs paraissent crédibles quand on les compare à celles, cubées par Mantegazza en 1871 : 5 $cm^3$ à la naissance (notre stade C), 12,5 à 1 an, 19,5 à 8 ans et 29,5 chez l'adulte.

La position et l'orientation de l'ouverture orbitaire, dans le système vestibulaire, ont été évoquées dans le chapitre traitant de la face. Le point orbitaire moyen (om) sert à construire la droite "orbito-mandibulaire" qui renseigne sur le degré de prognathisme "exofacial". La pente vestibulaire de oif↔os, direction "verticale" de l'ouverture orbitaire, a été calculée. Elle aboutit assez tôt, à 70° qui est l'une des valeurs caractéristique du triangle facial que nous avons qualifié de "canonique". Le point om (milieu de oif↔os) étant commun dans les 2 cas, on peut donc dire que l'ouverture orbitaire, en projection sagittale, se confond avec la droite orbito-mandibulaire depuis les stades infantiles.

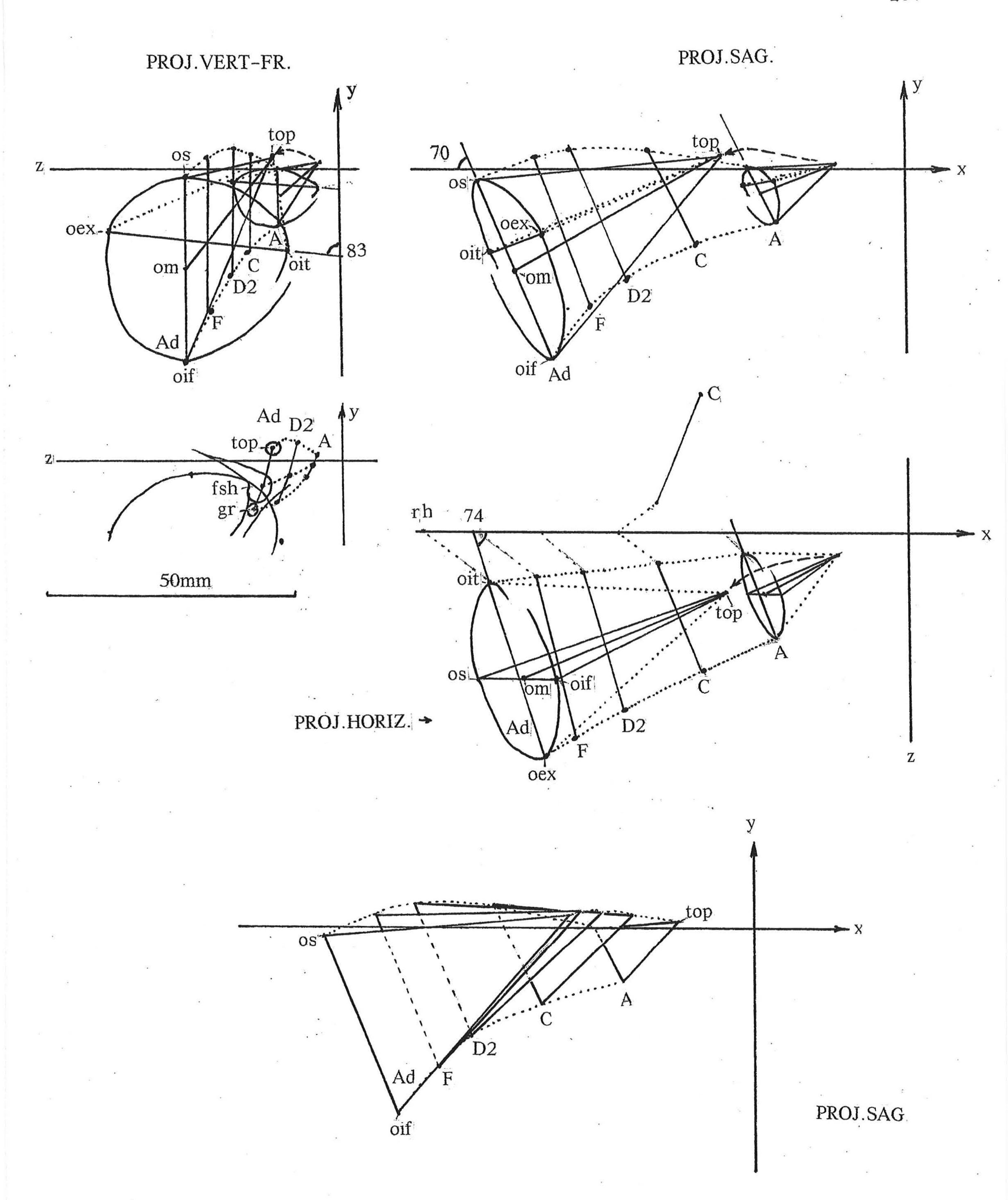
Le même type de construction a été effectué aussi pour calculer l'angulation de l'autre axe de l'ouverture orbitaire (oit↔oex) avec le plan sagittal, sur une *projection* horizontale et sur une *projection* vertico-frontale. Dans le premier cas, l'angle, ouvert en arrière, s'accroit un peu (d'une amplitude de 7°) démontrant une augmentation ontogénique de la "frontalisation" orbitaire, et dans le second cas, l'angle, ouvert en haut, évolue peu (légère diminution suivie d'une augmentation).

D'autres essais encore ont été tentés pour juger de l'eventuelle avancée du point orbitaire externe par rapport au nasion (par calcul d'un angle bi-latéral, considéré dans l'espace). Des fluctuations des valeurs rendent l'interprétation aléatoire; on peut estimer cependant que l'angle oscille autour de 135°.

En ce qui concerne le point orbitaire interne, comparé au nasion, avec la même technique que précédemment, l'angle obtenu est plus faible et vaut environ 105°.

L'orbite intervient aussi par son point oif , pour ceux qui persistent à utiliser le plan de Francfort!

Enfin, dans le fond orbitaire, en projection vertico-frontale, il est possible de suivre le trajet ontogénique de points tels que le trou grand rond (gr) et la portion élargie de la fente sphénoïdale (fsh) et d'y ajouter, éventuellement la trou optique (top) déjà étudié.

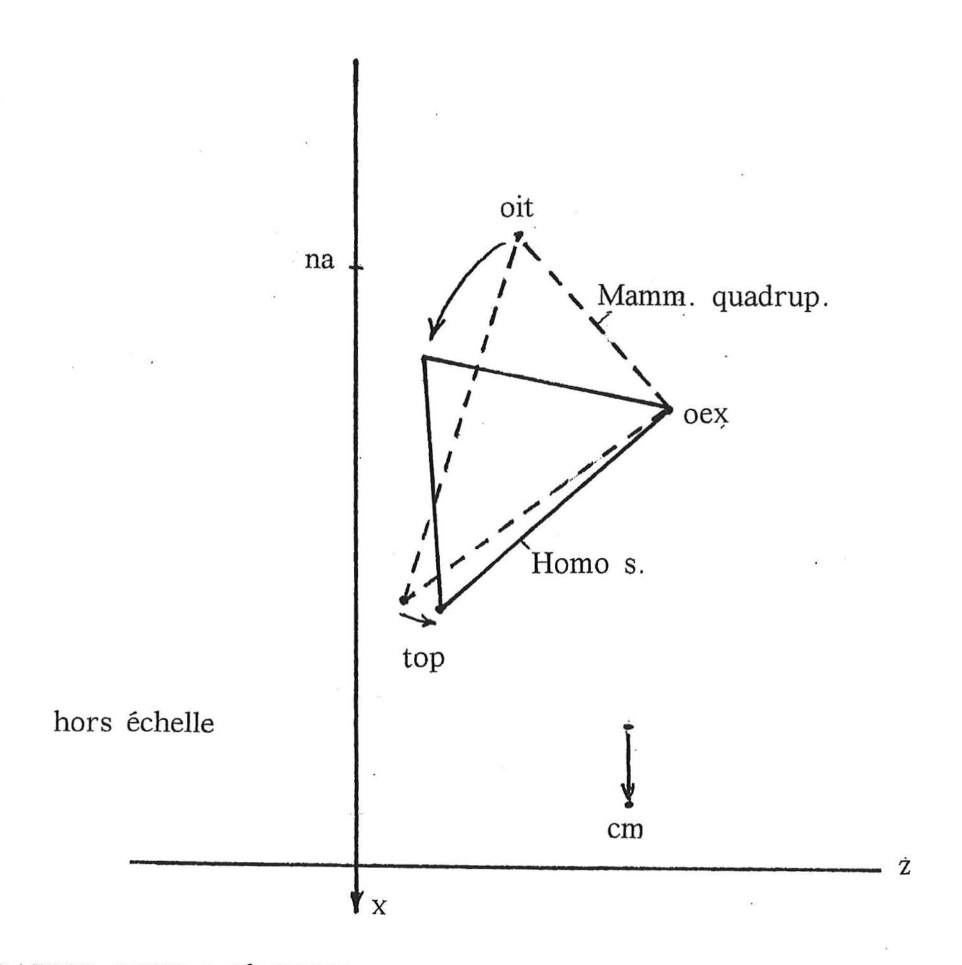

PROJ.VERT-FR.
PROJ.SAG.
y
z
x
top
os
oex
oit
om
oif
Ad
A
C
D2
F
83
70
fsh
gr
50mm
rh
74
PROJ.HORIZ.
PROJ.SAG.

ORBITE

| | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| top⇔om | 17,79 | 25,82 | 27,39 | 30,67 | 36,91 | 39,23 | 40,83 | 45,13 | 51,38 |
| os⇔oif | 13,42 | 17,92 | 23,26 | 24,35 | 30,08 | 30,46 | 32,89 | 33,24 | 39,92 |
| oit⇔oex | 19,47 | 24,68 | 26,18 | 29,14 | 31,28 | 32,72 | 33,78 | 35,56 | 37,85 |
| surf.base | 2,61 | 4,42 | 6,09 | 7,09 | 9,41 | 9,97 | 11,11 | 11,82 | 15,11 |
| idem+10% | 2,87 | 4,86 | 6,70 | 7,81 | 10,35 | 10,96 | 12,22 | 13,00 | 16,62 |
| vol.pyram. | 1,70 | 4,19 | 6,11 | 7,98 | 12,74 | 14,34 | 16,64 | 19,56 | 28,47 |
| @ os⇔oif/hor. (proj.sag) | 63 | 64 | 65 | 67 | 68 | 68 | 70 | 70 | 70 |
| @ oit⇔oex/sag (proj.hor.) | 67 | 67 | 68 | 69 | 73 | 79 | 78 | 76 | 74 |
| @ oit⇔oex/sag (proj.vert.fr.) | 86 | 85 | 81 | 80 | 78 | 78 | 79 | 81 | 83 |

(paramètres linéaires en mm, surfaces en $cm^2$, volumes en $cm^3$, angles en °)

PARAMÈTRES ORBITAIRES




RAPPEL PHYLOGÉNIQUE

A taille rendue comparable (bi-cm commun) du crâne de divers Mammifères, et en projection horizontale vestibulaire, le nasion et l'orbitaire externe sont pratiquement fixes. Par contre, l'orbitaire interne recule, provoquant la "frontalisation" phylogénique de l'ouverture orbitaire, d'où naissance du relief nasal représenté ici par le rhinion (rh) ou par le nasion (na). Le phénomène est très estompé dans l'ontogénèse humaine.

# LA MANDIBULE

L'étude géométrique de la mandibule est rendue difficile par la relative imprécision des points qui serviront à en fournir des renseignements quantifiés, et il a fallu alors recourir à des artifices. Par exemple, en *projection sagittale,* le gonion s'obtient par le point de tangence de la zone angulaire, avec une parallèle à cm⇔si, et le point pai est déterminé par une parallèle à cm⇔si, tangente à la "ligne oblique externe" de la mandibule...

Comme pour les autres éléments étudiés dans ce travail, toutes les considérations se feront exclusivement à partir des coordonnées (x,y,z) des points retenus, en orientation vestibulaire. Parmi tous ceux qui sont envisageables, seuls quelques aspects de l'analyse mandibulaire ontogénique quantitative seront abordés.

## PARAMÈTRES ANGULAIRES

On peut les considérer en projection sagittale, à la manière des classiques, ou dans l'espace orienté.

Une première série de calculs apporte les "pentes vestibulaires" (notées de **1 à 8**) de 8 segments en projection *sagittale.* Un tableau en apporte les valeurs et la convention de signe qui est utilisée. Notons déjà que la pente de id⇔cai (représentant ici la direction du bord alvéolaire inférieur) augmente très légèrement et demeure supérieure aux 30° trouvés pour le bord alvéolaire supérieur, d'où légère divergence, vers l'avant, de ces 2 lignes.

Parmi les pentes calculées, il en est une (la N°8 = na⇔pr/V) qui n'appartient pas à la mandibule mais a été ajoutée afin de connaître l'angle **K** dont on reparlera plus loin.

Toujours en projection *sagittale,* la connaissance des pentes précédentes est suffisante pour avoir la valeur d'angles "propres" à la mandibule (notés de **A à K**), par calculs simples. Par exemple, si l'on veut l'angle **B** (id/si/go) à la naissance (stade C), il suffit de connaître les pentes n°**1** (=-43) et n°**6** (=+40) et de faire, comme précisé sous le tableau :

$$\mathbf{B} = 180 + (-43) - (+40) = 180 - 83 = 97°$$

L'angle **K** est l'équivalent de "l'angle maxillaire" de Camper (à ne pas confondre avec "l'angle facial" de ce même auteur, ce dernier angle ne tenant pas compte de la mandibule !). **K** est un angle à sommet fictif, intersection de na⇔pr avec id⇔si. On observe qu'il augmente d'une dizaine de degrés pendant la croissance qui l'amène à 160°, par la seule évolution de la direction symphysaire (laquelle se redresse par rapport à une direction faciale na⇔pr fixe). La symphyse se redresse d'ailleurs aussi par rapport au plan alvéolaire inférieur, comme le montre l'angle **H** qui passe de 71°= 33 - (-38) à 86°= 36 - (-50).

L'angle **D** n'évolue pas comme l'angle **E**, donc les 2 bords de la "branche montante" ont un comportement un peu différent, malgré leur redressement commun par rapport au bord alvéolaire. Bien entendu, l'angle **C** diminue nettement, comme cela est connu classiquement: diminution de 15°( de 134, il passe à 119), et **D** diminue davantage encore, de 22°( de 129, il passe à 107).

Parmi les précédents, 2 angles ont été repris pour un calcul tridimensionnel :

si/go/cm (appelé **C** en bi-dimensionnel). Il ne vaut plus que 114° chez l'adulte (au lieu des 119°sagittaux). Il a diminué, depuis le stade fœtal A (de 5 mois), de 8° (au lieu des 15°sagittaux).

id/pai/cor (appelé **E** en bi-dimensionnel). Il ne vaut plus que 103° chez l'adulte (au lieu des 106°sagittaux. Il a diminué, depuis le stade A, de 16° (au lieu des 18°sagittaux).
D'où l'importance de faire certains calculs, dans l'espace à 3 dimensions !

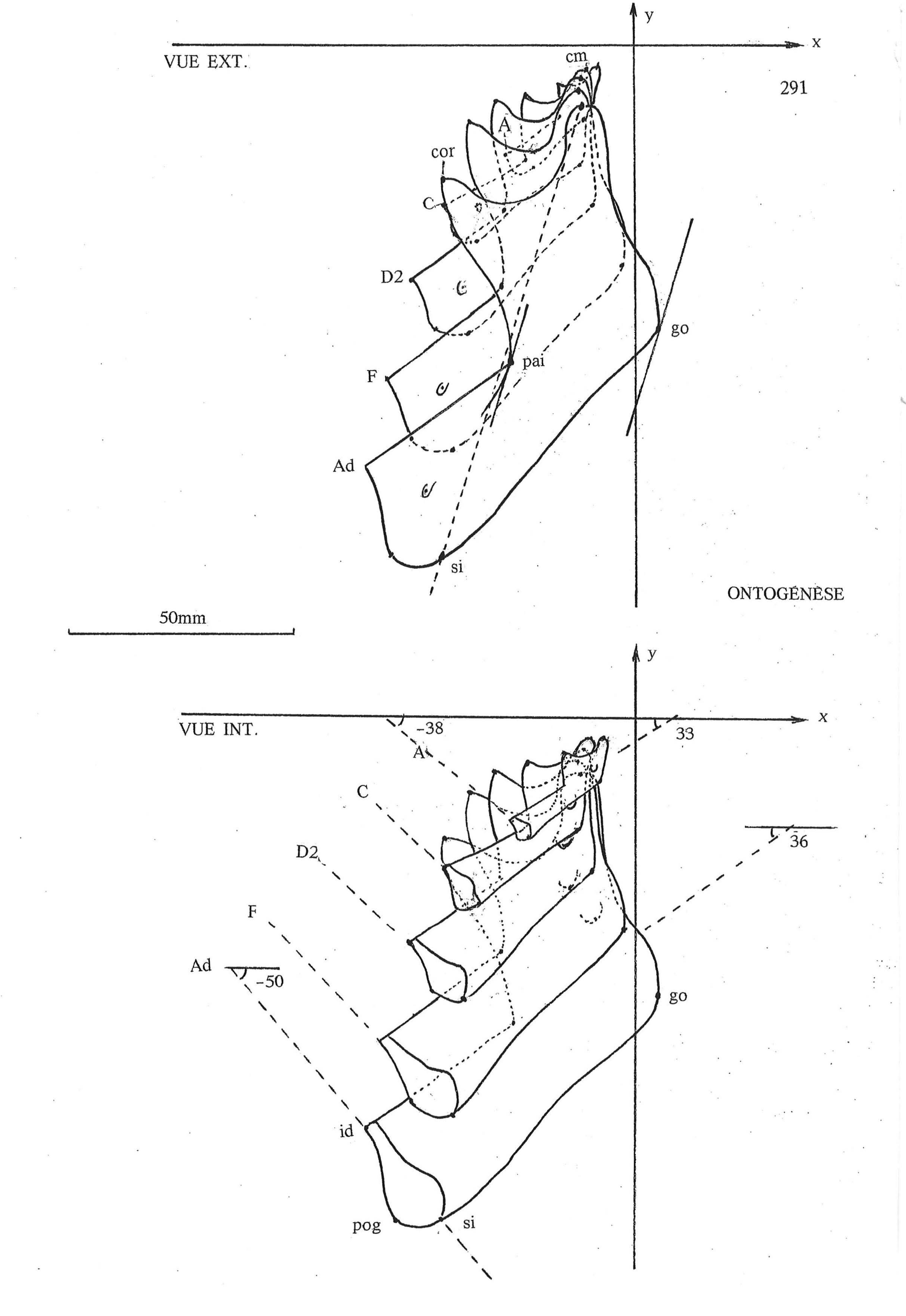
y
x
1
8
7
3
5
4
6
2
cm
na
F
cor
G
D
C
go
E
pai
pr
K
H
id
J
B
pog
si
A
50mm
PENTES V.
convention de signe
STADE ADULTE
projections sagittales
cor
cm
HAUTEURS
spx
plan alvéolaire
mandibulaire
id
pai
tm
go
pog
si

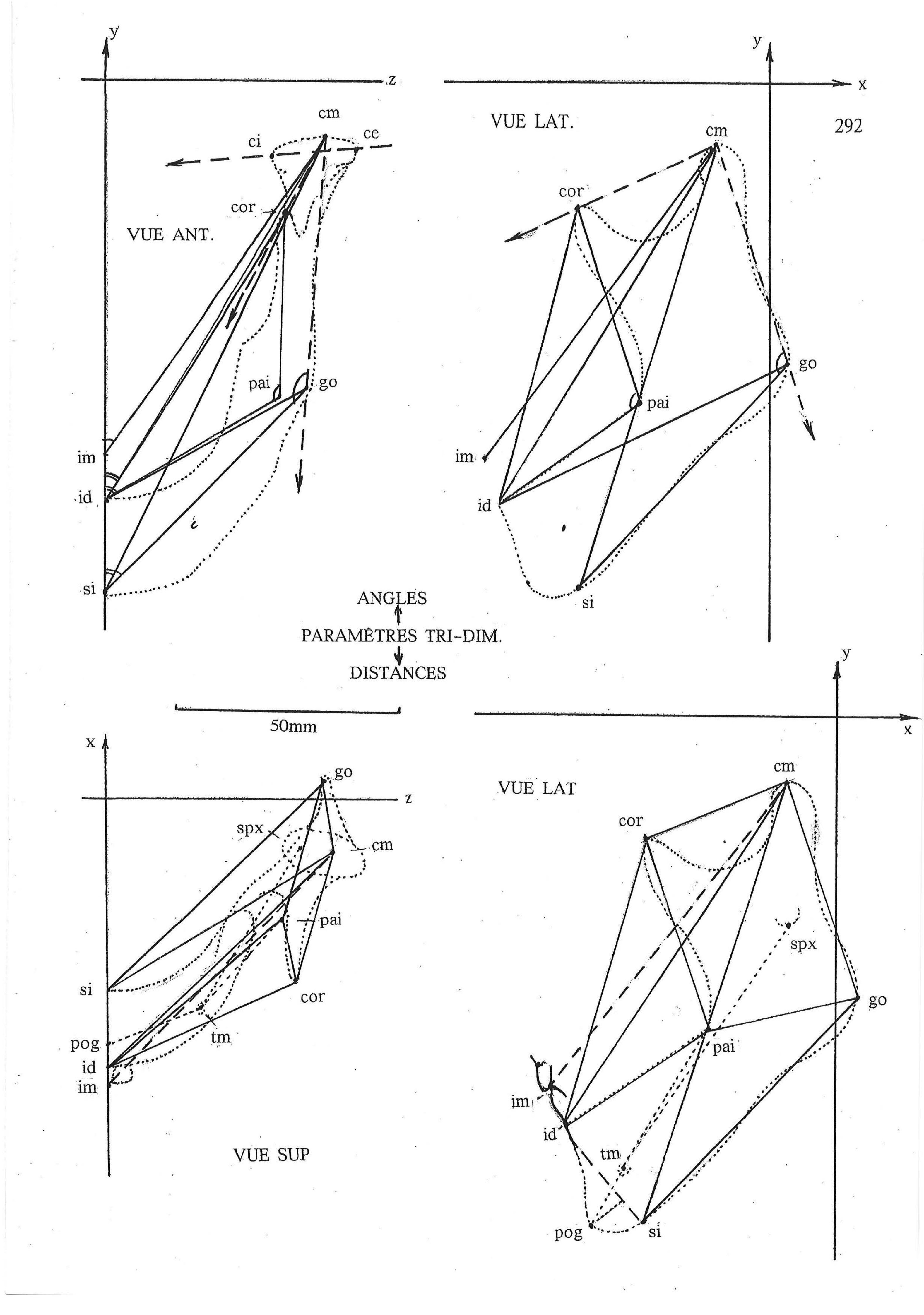
| | | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| en projection sagittale | 1 id⇔si | -38 | -39 | -43 | -44 | -44 | -45 | -47 | -48 | -50 |
| | 2 id⇔pai | 33 | 34 | 34 | 35 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |
| | 3 pai⇔cor | -90 | -90 | -90 | -87 | -85 | -83 | -80 | -75 | -70 |
| | 4 cor⇔cm | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 18 | 22 | 23 | 26 |
| | 5 cm⇔go | -96 | -95 | -93 | -89 | -85 | -82 | -75 | -72 | -71 |
| | 6 si⇔go | 38 | 39 | 40 | 42 | 45 | 46 | 47 | 47 | 48 |
| | 7 id⇔pog | -75 | -72 | -70 | -63 | -63 | -63 | -64 | -66 | -72 |
| | 8 na⇔pr | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 |
| | A | 67 | 69 | 70 | 72 | 72 | 71 | 69 | 67 | 60 |
| | B | 104 | 102 | 97 | 94 | 91 | 89 | 86 | 85 | 82 |
| | C | 134 | 134 | 133 | 131 | 130 | 128 | 122 | 119 | 119 |
| | D | 129 | 129 | 127 | 124 | 121 | 118 | 111 | 108 | 107 |
| | E | 124 | 124 | 123 | 122 | 121 | 119 | 116 | 111 | 106 |
| | F | 67 | 68 | 70 | 74 | 78 | 80 | 83 | 85 | 83 |
| | G | 107 | 107 | 107 | 104 | 102 | 101 | 101 | 98 | 96 |
| | H | 71 | 73 | 77 | 79 | 80 | 81 | 83 | 84 | 86 |
| | J | 108 | 106 | 104 | 98 | 99 | 99 | 100 | 102 | 108 |
| | K | 148 | 149 | 153 | 154 | 154 | 155 | 157 | 158 | 160 |
| en tri-dim | si/go/cm | 122 | 135 | 131 | 128 | 127 | 122 | 119 | 115 | 114 |
| | id/pai/cor | 119 | 130 | 130 | 123 | 123 | 121 | 120 | 111 | 103 |
| | bi [cm⇔cor] | +11 | +10 | +1 | -6 | -10 | -15 | -18 | -24 | -31 |
| | bi [cm⇔go] | 1 | 21 | 29 | 24 | 24 | 10 | 9 | 8 | 7 |
| | bi [ci⇔ce] | 125 | 128 | 140 | 145 | 148 | 149 | 150 | 151 | 152 |
| | id/bi-cm | 57 | 60 | 66 | 66 | 64 | 60 | 58 | 57 | 56 |
| | im/bi-cm | 60 | 65 | 68 | 68 | 62 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| | si/bi-cm | 58 | 60 | 66 | 64 | 60 | 56 | 54 | 53 | 50 |
| | id/bi-cor | 85 | 88 | 90 | 82 | 76 | 70 | 68 | 65 | 63 |
| | id/bi-go | 71 | 72 | 73 | 74 | 71 | 70 | 68 | 67 | 66 |
| | si/bi-go | 78 | 79 | 80 | 81 | 74 | 73 | 71 | 69 | 67 |

valeurs angulaires (en °)

de **1 à 8** : pentes vestibulaires

relations géométriques : **A** = 180 + **7** - **6** **B** = 180 + **1** - **6** **C** = **6** - **5**
**D** = **2** - **5** **E** = **2** - **3** **F** = 180 +**5** - **4** **G** = **4** - **3**
**H** = **2** - **1** **J** = **2** - **7** **K** = 180 + **8** - **1**


VUE EXT.
y
x
cm
A
cor
C
D2
F
pai
go
Ad
si
ONTOGÉNÈSE
50mm
VUE INT.
y
x
-38
33
A
C
36
D2
F
Ad
-50
go
id
pog
si


y
z
cm
ci
ce
cor
VUE ANT.
pai
go
im
id
si
x
VUE LAT.
cm
cor
go
pai
im
id
si
ANGLES
PARAMÈTRES TRI-DIM.
DISTANCES
50mm
x
go
z
spx
cm
pai
si
cor
tm
pog
id
im
VUE SUP
y
x
cm
VUE LAT
cor
spx
go
pai
im
id
tm
pog
si

D'autres angles, dont les valeurs sont apportées dans le tableau, ont été d'emblée, considérés dans l'espace avec :

- chacun des 2 côtés, déterminé par 2 points, ou
- un sommet médian et chaque côté passant par un point latéral.

la symétrie est supposée réalisée dans ces deux éventualités.

Notons que l'angle centré au point incisif médian (im) et dont les côtés passent par les points condyliens mandibulaires moyens (cm) vaut 60°, après une phase où la valeur est un peu supérieure, chez le jeune enfant. Il s'agit d'un élément de ce qu'on appellera plus loin le "triangle mandibulaire fonctionnel".

PARAMÈTRES LINÉAIRES

On peut les classer selon le nombre de coordonnées qui interviennent .

2 largeurs sont fournies par la cote latérale (z) du point étudié. Il suffit de doubler celle-ci :

- le bi-cm fait partie du triangle "fonctionnel". Ce dernier est équilatéral avec des angles de 60°, le troisième point du triangle étant l'incisif médian (im). Les 3 cotés sont de 100mm chez l'adulte (partant de 32mm chez le fœtus de 5 mois).

- le bi-ce , significatif de la "largeur mandibulaire maximale" a été apporté, car il permet le calcul d'indices mandibulaires classiques.

3 valeurs sont mesurées dans le plan sagittal. L'une (pog↔cm) apporte la notion de "longueur mandibulaire classique", utilisable pour l'établissement d'indices. Les 2 autres intéressent la symphyse, en permettant de se faire une idée du degré d'avancement du pogonion par rapport au grand axe symphysaire, évoquant ainsi le prognathisme mentonnier.

Puis, nous avons calculé, *dans l'espace*, la valeur de 13 segments mandibulaires. Certains unissent des points successifs du profil de l'os; d'autres indiquent le degré d'éloignement d'un point médian par rapport : au condyle, au gonion, au point pai ...et d'autres encore positionnent les orifices (tm, spx) de l'os, entre eux et relativement à d'autres éléments.

Enfin, et dans un but de comparaison avec les observation classiques, une série de 7 *hauteurs* a été considérée, relativement au *plan alvéolaire mandibulaire*. Ces hauteurs (notées + si le point est au-dessus de ce plan, et - si le point est au dessous de lui) sont évidemment les mêmes si on les calcule dans l'espace ou en projection sagittale, (connaissant celle de id↔si). Sur mandibule isolée, la situation du plan alvéolaire joue un rôle important dans l'ontogénèse comme en anatomie comparée. Par exemple, du stade A à l'adulte, le cm s'élève de 32mm (avec la référence alvéolaire) et le gonion descend de 10mm. Donc, par rapport au plan alvéolaire, c'est surtout la "montée" du condyle qui allonge la "branche montante" de la mandibule.

Le point si s'abaisse de 20mm, et le go de 10; donc, la hauteur de la "branche horizontale" s'accroit plus en avant qu'en arrière.

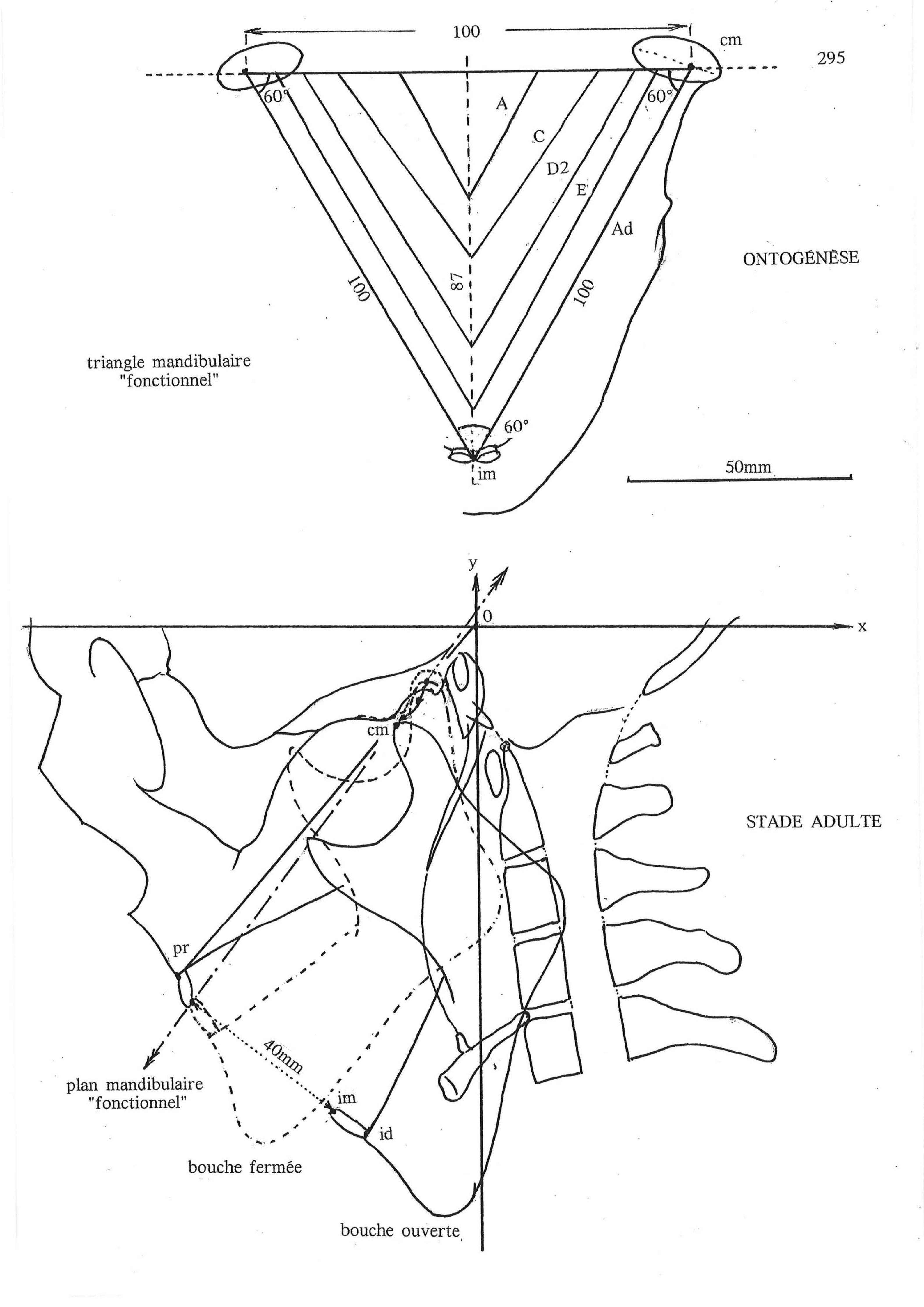
Le spx monte de 10mm et le tm descend de 10mm. Cela signifie que le trajet du nerf mandibulaire devient plus oblique en bas et en avant, par rapport au plan alvéolaire.

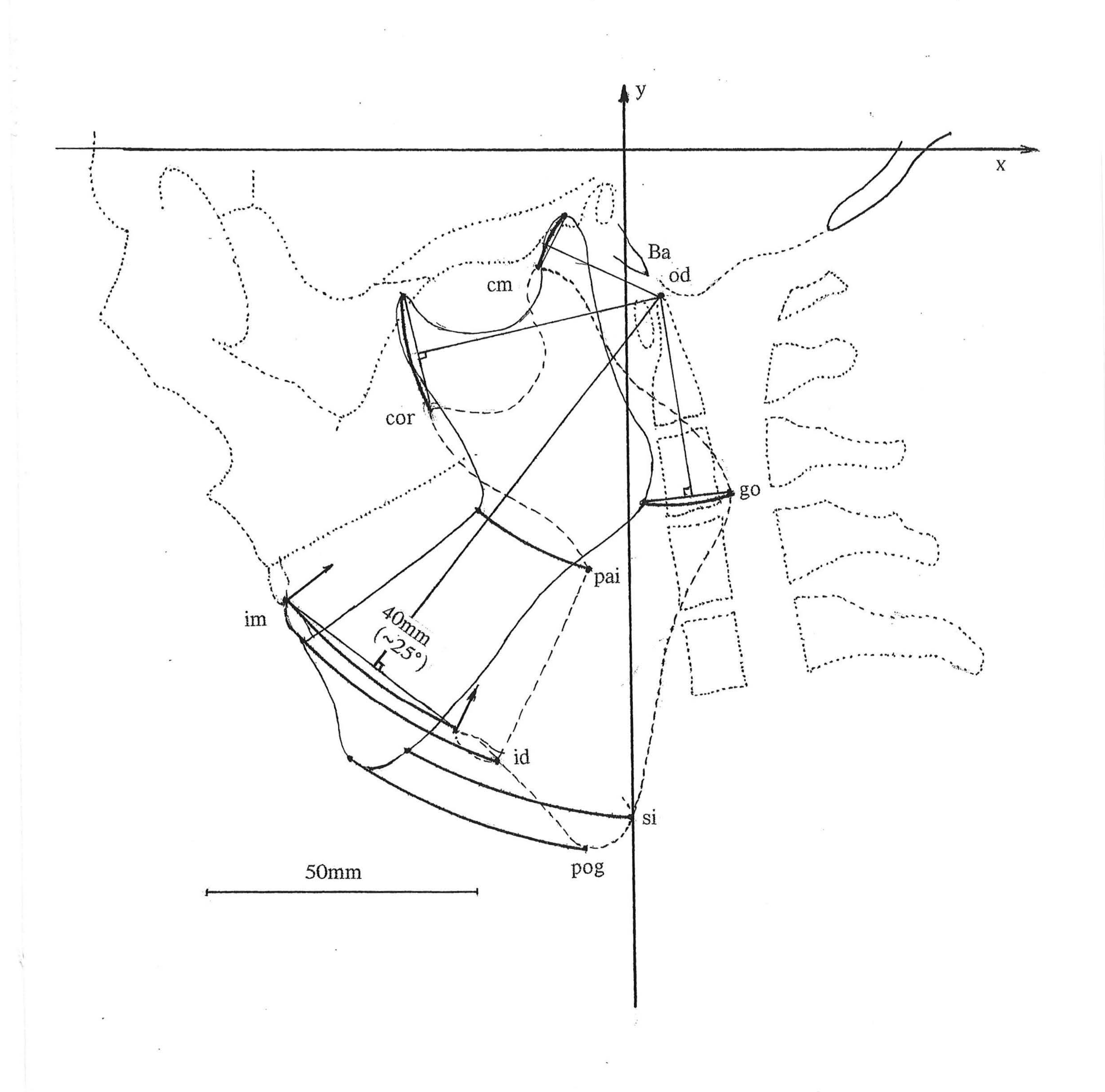
LA MANDIBULE , BOUCHE OUVERTE.

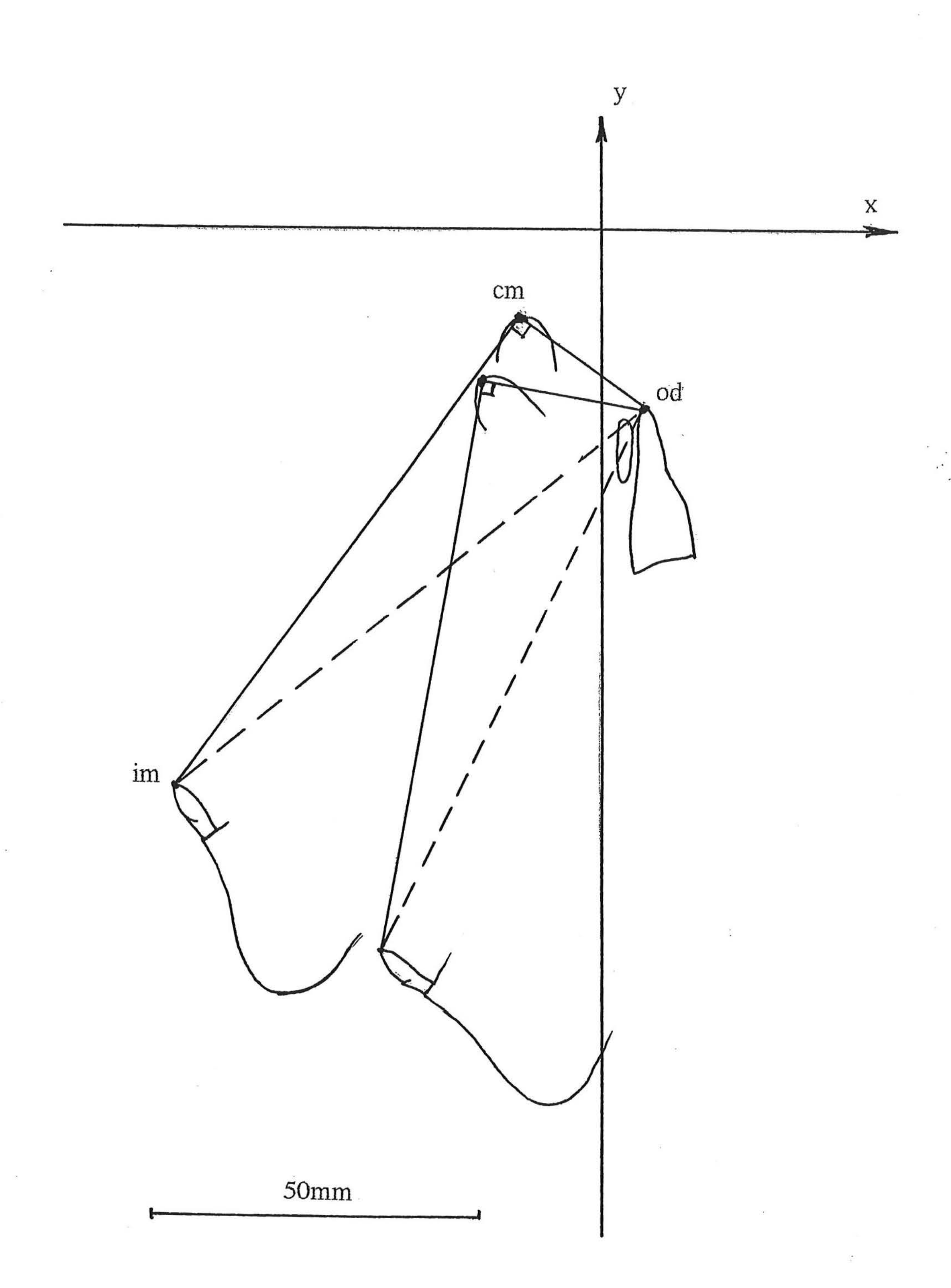
Connaissant la situation et l'orientation vestibulaire des composants anatomiques de la face, de l'arrière-crâne et des machoires, on peut proposer le schéma joint, avec la mandibule telle qu'elle se présente bouche ouverte (de 40mm, par exemple, entre les 2 positions des points im). En tenant compte du déplacement du point cm subissant à la fois la rotation

| | | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (z) | bi-cm | 32 | 46 | 58 | 66 | 74 | 78 | 86 | 92 | 100 |
| | bi-ce | 38 | 52 | 68 | 74 | 80 | 84 | 96 | 104 | 112 |
| (x,y) | id↔si | 6,4 | 10,0 | 11,3 | 12,7 | 16,9 | 18,4 | 22,6 | 23,3 | 27,6 |
| | pog⊥id↔si | 2,0 | 2,2 | 2,8 | 3 | 3,1 | 3,9 | 4,0 | 6,8 | 8,3 |
| | pog↔cm sag. | 31 | 44 | 46 | 54 | 64 | 76 | 87 | 93 | 110 |
| tri-dim (x,y,z) | cm↔cor | 10,8 | 14,7 | 16,6 | 18,5 | 20,6 | 23,2 | 26,3 | 31,1 | 36,2 |
| | cm↔go | 11,0 | 16,4 | 19,7 | 24,3 | 29,2 | 35,5 | 41,5 | 46,3 | 52,4 |
| | cm↔id | 32,5 | 48,3 | 51,4 | 59,3 | 70,1 | 79,6 | 90,7 | 94,1 | 106,7 |
| | cm↔si | 32,3 | 47,8 | 52,3 | 60,9 | 73,3 | 82,9 | 97,4 | 100,0 | 117,3 |
| | cm↔im | 31,8 | 44,6 | 50,8 | 58,5 | 68,9 | 78,6 | 87,8 | 91,7 | 101,0 |
| | cor↔id | 25,2 | 39,2 | 41,5 | 47,3 | 55,5 | 64,3 | 71,7 | 71,8 | 78,8 |
| | pai↔id | 20,8 | 29,0 | 29,2 | 32,3 | 37,5 | 40,9 | 47,6 | 48,5 | 56,4 |
| | pai↔cor | 7,4 | 13,6 | 16,1 | 21,0 | 25,2 | 32,9 | 34,7 | 37,4 | 43,9 |
| | pai↔go | 8,1 | 13,1 | 15,0 | 17,7 | 21,3 | 25,1 | 30,9 | 34,2 | 34,7 |
| | pai↔tm | 12,2 | 15,4 | 15,8 | 18,7 | 21,8 | 24 | 30,5 | 31,2 | 40,3 |
| | si↔go | 25,0 | 34,7 | 37,2 | 42,5 | 51,4 | 58,4 | 68,2 | 72,8 | 84,9 |
| | tm↔pog | 10,8 | 14,4 | 15,9 | 16,6 | 18,8 | 21,4 | 22,2 | 23,9 | 26,0 |
| | tm↔spx | 18,4 | 25,3 | 26,8 | 32,1 | 37,7 | 43,4 | 50,2 | 54,5 | 69,8 |
| bi-dim (x,y) | cor ⊥ id↔pai | +6,4 | +9,7 | +12,1 | +16,9 | +20,2 | +27,1 | +27,7 | +34,3 | +42,3 |
| | cm ⊥ id↔pai | +4,1 | +4,6 | +6,9 | +11,0 | +13,3 | +18,2 | +19,3 | +27,3 | +36,3 |
| | go ⊥ id↔pai | -4,4 | -7,0 | -8,3 | -8,9 | -11,0 | -11,5 | -16,8 | -16,4 | -14,7 |
| | si ⊥ id↔pai | -6,1 | -9,6 | -11,1 | -12,5 | -16,8 | -18,0 | -20,4 | -22,9 | -27,5 |
| | pog ⊥ id↔pai | -4,3 | -5,8 | -6,9 | -9,7 | -11,6 | -13,2 | -13,5 | -17,0 | -21,1 |
| | spx ⊥ id↔pai | -0,9 | -1,5 | 0 | +0,7 | +1,0 | +1,5 | +1,8 | +3,7 | +9,0 |
| | tm ⊥ id↔pai | -2,8 | -3,2 | -4,4 | -6,9 | -8,6 | -9,0 | -10,4 | -12,1 | -13,1 |

paramètres linéaires (en mm)


100
cm
60°
60°
A
C
D2
E
Ad
100
87
100
60°
im
50mm
ONTOGÉNÈSE
triangle mandibulaire
"fonctionnel"
y
0
x
cm
STADE ADULTE
pr
40mm
im
id
plan mandibulaire
"fonctionnel"
bouche fermée
bouche ouverte


y
x
Ba
od
cm
cor
go
pai
im
40mm
(~25°)
id
si
pog
50mm


y
x
cm
od
im
50mm

condylienne, et une translation vers l'avant et le bas, le trajet de celui-ci est esquissé. Bien qu'incurvé, il est assez proche de la direction unissant le prosthion au centre (0) des axes vestibulaires. Par ailleurs, des essais permettent de positionner une zone autour de laquelle le mouvement complexe de la mandibule serait réduit approximativement à une rotation globale; et l'on trouve l'extrêmité de l'apophyse odontoïde ! (avec x = +7 et y = -28).

Si l'on admet que la mandibule, avec bouche ouverte de 40mm, se trouve bien comme sur la figure jointe, il est facile de connaître les nouvelles coordonnées des points de celle-ci.

cm x=-18 y=-22
id x=-26 y=-117
si x=-2 y=-131
go x= +19 y=-65

Le gonion a évolué de 15mm, et le coroné de 21mm.
(ici, la colonne et l'hyoïde ont été supposés fixes).

# NEUROCRANE

# LA BASE DU CRÂNE

La fin du chapitre précédent traitait de la métaface dont la limite supérieure constituée du bloc basilaire sphéno-occipital de la base du crâne a déjà retenu notre attention. Poursuivant logiquement nos investigations, nous considérerons maintenant la base cranienne dans son ensemble, d'abord dans ses constituants sagittaux, puis dans ses parties latérales.

Les **phénomènes phylogéniques** accompagnant l'avènement de la station érigée de l'Homme ont provoqué, outre une "bascule" de la loge cérébelleuse, une "brisure" de la base, connue classiquement et mesurée diversement par de nombreux auteurs, avec ou sans le crible ethmoïdal, avec ou sans le trou occipital, et avec ou sans intervention du nasion...

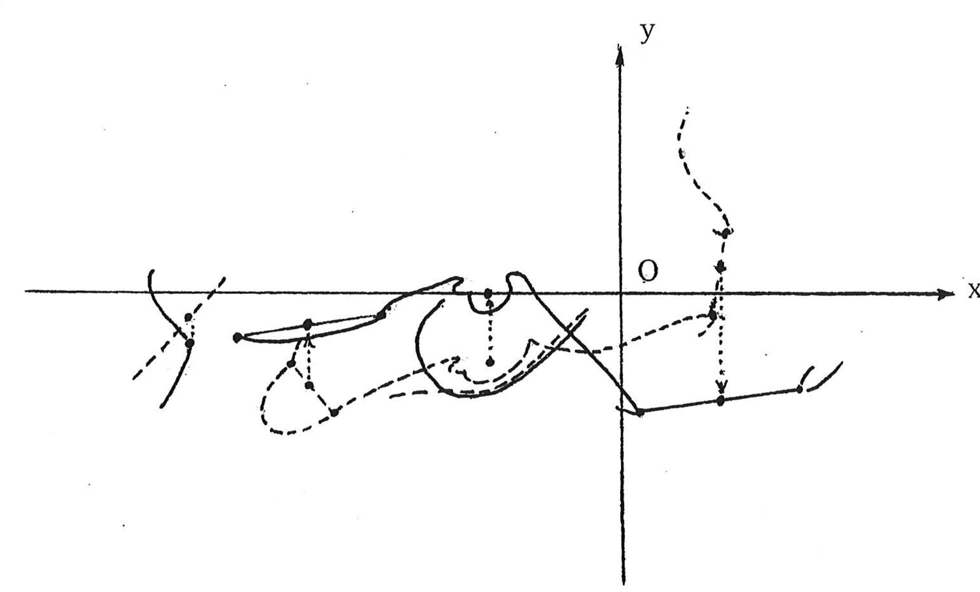
Latéralement, les répercussions de ces mêmes phénomènes, associés au relèvement de la base antérieure, ont eu pour conséquences la formation des 3 étages de la base, avec une "luxation" entre les deux ailes sphénoïdales et l'individualisation d'une fosse temporale. Comme le montre le schéma joint, orienté vestibulairement, et superposant la base cranienne de l'Homme (adulte) à celle d'un quadrupède (dont la largeur bi-condylienne mandibulaire moyenne a été rendue égale à celle de l'Homme), la fosse temporale prend naissance par un relèvement de ses parois, et **non** par un creusement de son fond, lequel demeure à un niveau inchangé!

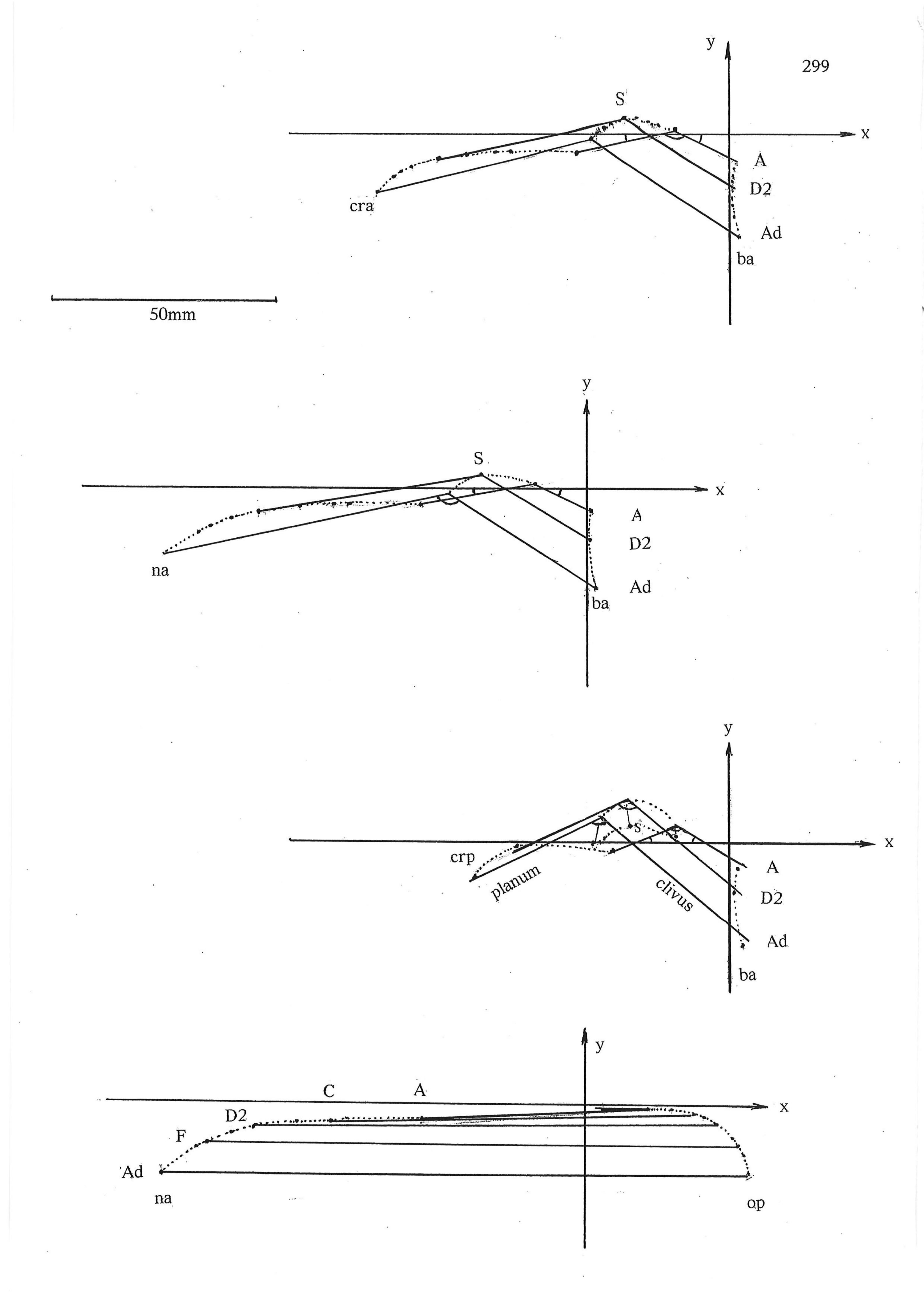
Dans ce chapitre, d'autres considérations seront abordées, concernant des éléments qui se trouvent à proximité (trous de la base, direction pétreuse...) ou à un niveau équivalent.

## LA BASE SAGITTALE

Nous avons retenu prioritairement, comme critère de la "brisure de la base, l'angle joignant le point S de la selle turcique au criblé antérieur (cra) et au basion (ba). Cet angle (cra⇔S⇔ba) décroît depuis le stade fœtal (A) (144°), de 11° pour atteindre 133° chez l'adulte. Cette "fermeture" (inverse donc, de "l'ouverture" qui s'observe chez les Primates) est surtout le fait de sa **branche postérieure** (rotation de 9° dans le sens "horaire" en observant le crâne par sa gauche, rotation dite "positive"), plutôt que de sa branche antérieure (rotation de 2° dans l'autre sens) dont l'orientation est plus stable.

Si l'on prend le nasion comme repère antérieur, au lieu de cra, la branche antérieure du compas basal tourne un peu plus (6°), d'où fermeture de l'angle de 15°. Aux stades orthodontiques, on peut considérer que l'axe na⇔S fait, avec l'horizontale vestibulaire un angle de 11°.




y
S
x
A
D2
Ad
cra
ba
50mm
y
S
x
A
D2
Ad
na
ba
y
S
x
crp
planum
clivus
A
D2
Ad
ba
y
C
A
x
D2
F
Ad
na
op

50mm

échelle doublée

# STADE E

y

x

40

40

48

48

48

142

10

clivus

130

for

10

op

ba

40

92

Î

ONTOGÉNÈSE

y

x

A

B

C

D1

D2

E

F

G

Ad

Ï

clivus

for

op

ba

50mm

Le clivus (cl) ni le planum (pla) n'utilisent de points strictement définis; il s'agit de "directions générales". L'angle compris entre eux (angle de Lantzert) se ferme de 16°, avec une rotation positive de 9° du clivus (dont la pente vestibulaire va de 31° en A, à 40° en Ad) et de 7° dans l'autre sens pour le planum (évoluant de 21° en A à 28° en Ad). Un décalage d'environ 20° existe donc avec l'angle cra↔S↔ba mais l'amplitude de la fermeture est identique.

Le clivus participe à la constitution de la loge cérébelleuse. Son angulation avec la direction foraminienne (ba↔op) est pratiquement constante, autour de 130°, avec cependant un léger avantage pour le foramen : le clivus tourne de 9°, comme cela a été dit, et le foramen, de 11°. Partant de 21° en A, sa pente se stabilise à 10°, après une courte période infantile à 8°.

Entre le trou occipital et la partie postérieure (op↔Ì) de la loge cérébelleuse, l'angulation diminue de 11° pour atteindre 142°. Cela résulte de la rotation foraminienne, car le segment op↔Ì possède une pente constante, à 48°de l'horizontale.

Entre le clivus et op↔Ì, existe un angle fictif ("l'entonnoir de Daubenton"). Cet angle évolue en fonction du seul clivus; il se ferme donc de 9°; partant de 101°, il arrive à 92°.

La direction na↔ba peut être regardée comme constante (angle de 4°ouvert en arrière). Il en va de même pour na↔op qui devient parallèle à l'horizontale vestibulaire à partir de l'enfant de 8 mois (car, auparavant, existe un angle de 4° ouvert en avant). Nous insistons sur le fait que ces "constances" dans la direction de certains segments ne valent que pour les "types moyens" sur lesquels repose ce travail et ne sauraient remplacer l'orientation directe d'un sujet donné, à cause du phénomène de la variabilité !

Entre na↔ba et le trou occipital l'angulation évolue en fonction du seul foramen; elle part de 155° au stade A, pour atteindre 166° chez l'adulte.

Dans le chapitre traitant de la métaface, il a été dit que celle-ci se limitait, en haut, par pb↔ba. L'inclinaison de cette droite avait été jugée relativement à la verticale vestibulaire par @BV. Sur l'horizontale, pb↔ba s'incline d'abord en avant et en bas (-7°), puis s'horizontalise, puis s'incline en arrière et en bas (+9° chez l'adulte), d'où une rotation de 16° dans le même sens (positif) que le trou occipital dont elle subit la destinée. Mais son amplitude est plus grande de 5°; l'angle pb↔ba / for se ferme donc légèrement et passe, durant l'ontogénèse, de 166° à 161°.

Le crible ethmoïdal doit être considéré comme faisant partie de la base du crâne. Sur l'iconographie du premier fascicule, on peut noter que le point S de la selle turcique se trouve en alignement constant avec le crible, représenté par ses 2 extrêmités : cra et crp. Sa direction fait donc un angle très ouvert (en haut) avec le planum (puisque celui-ci passe au-dessus du point S). D'abord à 170°, l'angle diminue un peu pour valoir 165° chez l'adulte.

Les 2 extrêmités du crible ont aussi été comparées à la situation du basion, par 2 angles : ba↔cra / V et ba↔crp / V. Le premier est forcément plus faible que le second, mais les deux angles vont en augmentant, la descente ontogénique du crible étant moins marquée que celle du basion. Les angles compris entre chacune des 2 précédentes directions (ba↔cra et ba↔crp) et le crible sont évidemment très différents , faibles pour le premier et forts pour le second, et leur évolution est inverse : ba↔cra / crib augmente et ba↔crp / crib diminue

Il peut être intéressant de comparer la direction de ba↔cra et de ba↔crp à celle du foramen magnum. On y a ajouté celle du segment S↔ba. L'angle cra↔ba / for augmente de 5°, crp↔ba / for augmente de 3° et S↔ba / for n'augmente que très peu (2°), ce qui était aussi le cas pour l'angle entre le trou occipital et le clivus. Cela signifie que la destinée du bloc basilaire occipito-sphénoïdal est fortement liée à celle du trou occipital, quelle que soit la modalité employée pour juger de la direction choisie (S-ba ou clivus)

y
x
pl. de la vision
top
A
C
po
D2
om
F
Francfort
Ad
oif
50mm

y
x
D2
planum
S
cra
crible
crp
A
Ad

y
x
S
A
crp
D2
cra
Ad
ba

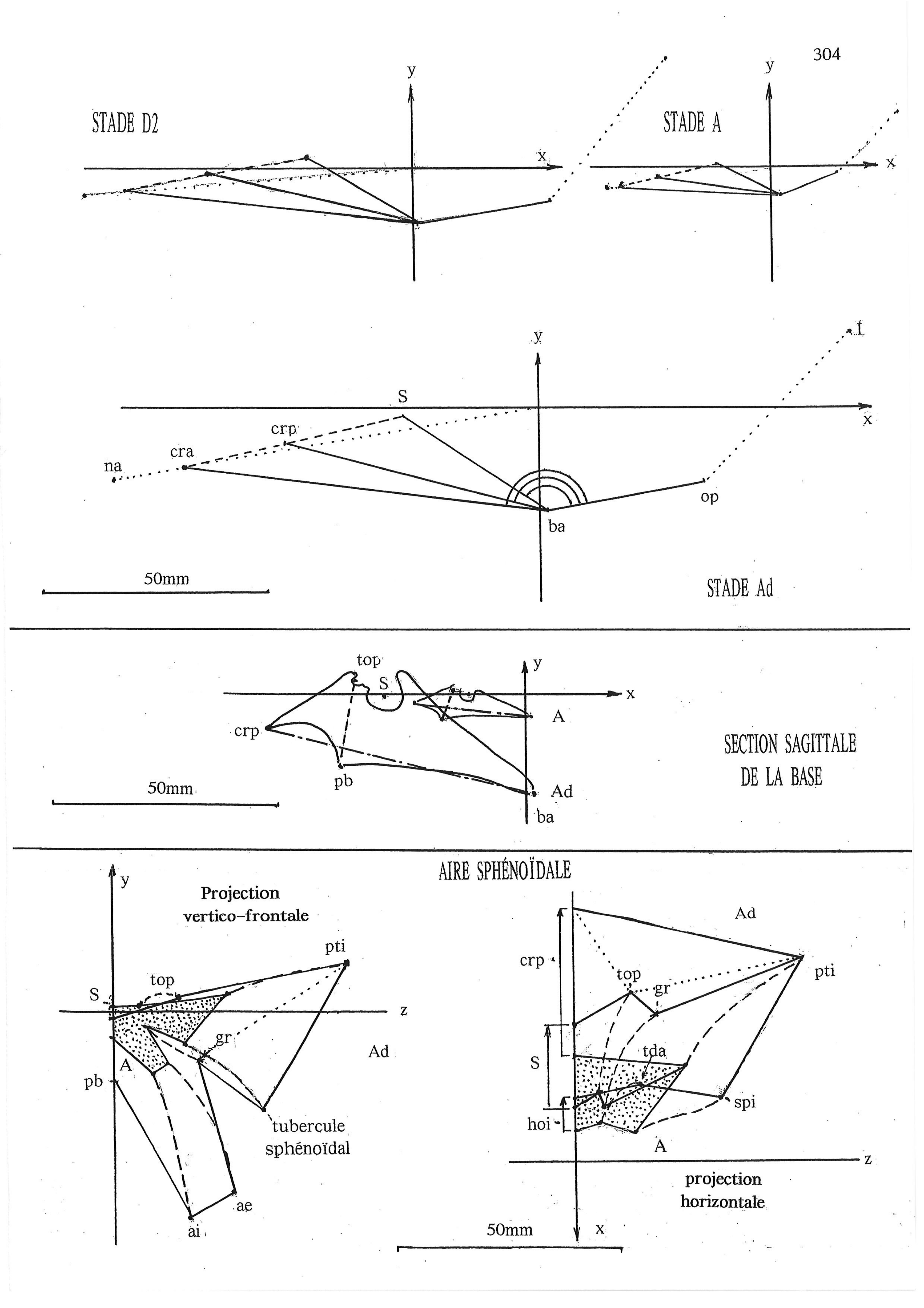
VALEURS ANGULAIRES (en °)

| | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| cra⇔S / V | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 13 | 13 | 13 | ↗2 |
| S⇔ba / V | 25 | 26 | 27 | 27 | 30 | 30 | 33 | 34 | 34 | ↗9 |
| cra⇔S⇔ba | 144 | 143 | 142 | 141 | 138 | 138 | 134 | 133 | 133 | ↘11 |
| na⇔S / V | 7 | 8 | 8 | 9 | 10 | 10 | 11 | 11 | 13 | ↗6 |
| na⇔S⇔ba | 148 | 148 | 147 | 145 | 139 | 138 | 136 | 135 | 133 | ↘15 |
| | | | | | | | | | | |
| pla / V | 21 | 21 | 21 | 22 | 24 | 24 | 25 | 27 | 28 | ↗7 |
| cl / V | 31 | 33 | 35 | 36 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | ↗9 |
| pla / cl | 128 | 126 | 124 | 122 | 116 | 116 | 115 | 113 | 112 | ↘16 |
| | | | | | | | | | | |
| for / V | 21 | 19 | 17 | 13 | 8 | 10 | 10 | 10 | 10* | ↘11 |
| cl / for | 128 | 128 | 128 | 131 | 131 | 130 | 130 | 130 | 130 | ↗2 |
| op⇔İ / V | 48 | 48 | 50 | 49 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 0 |
| op⇔İ / for | 153 | 151 | 147 | 144 | 140 | 142 | 142 | 142 | 142 | ↘11 |
| cl / op⇔İ | 101 | 99 | 95 | 95 | 92 | 92 | 92 | 92 | 92 | ↘9 |
| | | | | | | | | | | |
| na⇔ba / V | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | ~ cte |
| na⇔ba / for | 155 | 157 | 159 | 163 | 168 | 167 | 166 | 166 | 166 | ↗11 ☆ |
| na⇔op / V | 4 | 2 | 1,5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ↘4 |
| | | | | | | | | | | |
| pb⇔ba / V | -7 ♡ | -6 | -5 | -4 | -2 | -1 | +1 | +5 | +9 | ↗16 |
| pb⇔ba / for | 166 | 167 | 168 | 171 | 174 | 171 | 169 | 165 | 161 | ↘5 ☆☆ |
| | | | | | | | | | | |
| cri / pla | 170 | 170 | 170 | 170 | 168 | 168 | 168 | 166 | 165 | ↘5 |
| ba⇔cra / V | 2 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 8 | 8 | ↗6 |
| ba⇔crp / V | 7 | 9 | 10 | 10 | 12 | 13 | 15 | 15 | 15 | ↗8 |
| cra⇔ba / crib | 13 | 15 | 15 | 17 | 17 | 17 | 19 | 21 | 21 | ↗8 |
| crp⇔ba / crib | 162 | 160 | 159 | 158 | 156 | 155 | 152 | 152 | 152 | ↘10 |
| | | | | | | | | | | |
| cra⇔ba / for | 157 | 157 | 159 | 162 | 167 | 165 | 164 | 162 | 162 | ↗5 |
| crp⇔ba / for | 152 | 152 | 153 | 157 | 160 | 157 | 155 | 155 | 155 | ↗3 |
| S⇔ba / for | 134 | 135 | 136 | 140 | 142 | 140 | 137 | 136 | 136 | ↗2 |
| | | | | | | | | | | |
| Fr / V | 16 | 16 | 17 | 18 | 19 | 21 | 22 | 23 | 25 | ↗9 |
| vision / V | 21 | 21 | 22 | 22 | 23 | 24 | 27 | 28 | 30 | ↗9 |

♡ négatif si ba est plus haut placé que pb (* à 13°)
☆ voir figure dans le chapitre des surfaces
☆☆ voir figure dans la rubrique "métaface"

Relations géométriques

cra⇔S⇔ba = 180 - S⇔ba / V - cra⇔S / V
na⇔S⇔ba = 180 - S⇔ba / V - na⇔S / V
pla / cl = 180 - pla / V - cl / V
cl / for = 180 - cl / V - for / V
op⇔İ / for = 180 - op⇔İ / V + for / V
cl / op⇔İ = 180 - cl / V - op⇔İ / V
na⇔ba / for = 180 - na⇔ba / V - for / V
pb⇔ba / V = @ BV - 90 (positif ou négatif)
pb⇔ba / for = 180 - pb⇔ba / V - for / V
cra⇔ba / crib = cra⇔S / V + cra⇔ba / V (avec crp⇔S / V = cra⇔S / V)
crp⇔ba / crib = 180 - cra⇔S / V - ba⇔op / V
cra⇔ba / for = 180 - cra⇔ba / V - for / V
crp⇔ba / for = 180 - crp⇔ba / V - for / V
S⇔ba / for = 180 - S⇔ba / V - for / V


STADE D2
y
x
STADE A
y
x
y
S
x
crp
cra
na
op
ba
50mm
STADE Ad
top
y
S
x
A
crp
pb
Ad
ba
50mm
SECTION SAGITTALE
DE LA BASE
AIRE SPHÉNOÏDALE
y
Projection
vertico-frontale
pti
top
S
z
gr
Ad
A
pb
tubercule
sphénoïdal
ae
ai
Ad
crp
top
gr
pti
tda
S
spi
hoi
A
z
projection
horizontale
50mm
x

## PLANS D'ORIENTATION

Parmi les paramètres angulaires utilisés par d'autres auteurs, comme références, nous avons rappelé, précédemment, le plan **na ⇔ S** (qui s'incline, vers l'avant, en allant de 7°au stade A à 13°chez l'adulte), puis le plan **na ⇔ op** utilisable "faute de mieux" (!), à partir du stade D2. A ceux-ci nous avons ajouté (bien que ne faisant pas partie de la base du crâne) : le plan de **Francfort** entre les points po et oif (dont l'angulation part de 16° avec l'horizontale vestibulaire, pour atteindre 25° chez l'adulte), et le plan de la **vision** , de Broca, entre les points top et om (dont la pente vestibulaire va de 21° en , jusqu'à 30° chez l'adulte). Bien d'autres systèmes pourraient être testés à partir des coordonnées des points utilisés, que l'on trouvera au début de notre travail.

## PARAMÈTRES LINÉAIRES

On peut lire (en mm) dans le tableau joint, la valeur des divers segments utilisés dans les pages précédentes, en tant que côtés d'angles. Il n'est guère besoin de commentaires pour analyser leur croissance (dont il est toujours possible de calculer la vitesse, d'un stade à un autre, consécutif ou non). c'est évidemment le segment na⇔op qui s'accroit le plus (83 mm de A à Ad).

Puisque le crible est **aligné sur le point S**, le point crp peut être situé connaissant la valeur de cra⇔S ; l'utilisation du rapport : crib / cra⇔S suffit alors pour positionner ce point. Ce rapport évolue peu, il débute à 41% pour finir à 47%.

Un autre rapport analyse la forme de la **section sagittale du bloc sphéno-occipital**. Il fait intervenir la hauteur pb⇔top et la longueur crp⇔ba. La forme de cet ensemble est assez constante car le rapport n'évolue que de 26 à 32%.

Une relation existe entre le nasion et le point criblé antérieur : ces 2 points se situent sur **un même "rayon vestibulaire"** passant par l'origine (O) des axes du référentiel. Les coordonnées polaires sont donc utilisables, par la valeur linéaire du rayon et l'angle (Ω) compris entre lui et l'horizontale. Cet angle, après ses 8° au stade A, se stabilise à 5°jusqu'en E, puis augmente pour atteindre 9°chez l'adulte. Entre les 2 longueurs (O⇔cra et O⇔na) un rapport est calculé, permettant de positionner l'un des 2 points connaissant l'autre. Le cra est d'abord à 94% du na, puis il termine à 84%. La croissance vers l'avant est plus rapide pour le nasion que pour le criblé antérieur. c'est entre ces 2 points que se développe le sinus frontal par disjonction entre les tables osseuses. En effet, rappelons que ces points constituent la frontière entre l'exoface et l'exocrâne, d'une part, pour le nasion, et entre l'endoface et l'endocrâne, d'autre part, pour le cra (lequel peut mériter, pour cette raison, l'appellation de nasion interne).

| | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| cra⇔S | 23 | 33 | 34 | 38 | 43 | 45 | 46 | 46 | 49 | ↗26 |
| crib. | 9,5 | 14 | 15 | 17 | 19,5 | 21 | 22 | 22 | 23 | ↗13,5 |
| ⇕ crib / cra⇔S | 0,41 | 0,43 | 0,44 | 0,45 | 0,46 | 0,46 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | |
| S⇔ba | 15 | 21 | 23 | 26 | 29 | 32 | 35 | 38 | 40 | ↗25 |
| cra⇔ba | 36,5 | 52 | 54 | 61 | 67 | 72 | 75 | 77 | 82 | ↗45,5 |
| crp⇔ba | 27 | 38 | 39 | 45 | 48 | 50 | 55 | 58 | 62 | ↗35 |
| na⇔ba | 38 | 55 | 58 | 65 | 74 | 80 | 85 | 90 | 98 | ↗60 |
| na⇔op | 49 | 72 | 80 | 92 | 103 | 112 | 119 | 125 | 132 | ↗83 |
| for=ba⇔op | 12,4 | 18,7 | 23,1 | 27,1 | 29,6 | 32,6 | 34,7 | 34,7 | 34,7 | ↗22,3 |
| op⇔I | 18,1 | 26,2 | 31,2 | 36,1 | 41,7 | 42,8 | 43,2 | 43,6 | 48,1 | ↗30 |
| crp⇔S | 13,2 | 18,2 | 18,3 | 21,4 | 22,4 | 22,8 | 23,2 | 24,2 | 26,4 | ↗13,2 |
| pb⇔top | 7 | 10 | 12 | 14 | 15 | 16 | 18 | 19 | 20 | ↗13 |
| ⇕ pb⇔top/crp⇔ba | 0,26 | 0,26 | 0,30 | 0,31 | 0,31 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | |

paramètres linéaires sagittaux de la base du crâne (en mm)
et rapport (⇕) entre certains

| | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O⇔na | 36 | 54 | 57 | 64 | 72 | 79 | 84 | 88 | 95 |
| O⇔cra | 34 | 51 | 53 | 59 | 65 | 70 | 74 | 75 | 80 |
| Ω | 8 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6,5 | 6,5 | 9 |
| ⇕ O⇔cra/O⇔na | 0,94 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,90 | 0,88 | 0,87 | 0,85 | 0,84 |

(longueurs en mm, angles en degrés, ⇕ = rapport )

ÉLÉMENTS LATÉRAUX

Lorsqu'on étend les considérations aux **zones latérales** de la base du crâne, une stylisation des principales structures permet de mieux juger de leur forme et de leur position. C'est ce qui a été réalisé pour le sphénoïde, os dont la participation à la base du crâne est essentielle. Sur des projections vestibulaires horizontale et vertico-frontale, on s'est contenté de joindre des points dont on connait la position par leurs coordonnées. Le tubercule sphénoïdal de la grande aile a été ajouté sur la projection vertico-frontale. Faute de pouvoir reproduire exactement l'anatomie de l'os, dans ses détails, cette tentative précise l'aire dans laquelle s'inscrit le sphénoïde, ainsi que le trajet décrit par les points caractéristiques.

LA FOSSE TEMPORALE

La fosse temporale (ou sphéno-temporale) est l'élément dominant de l'étage moyen, examiné depuis l'endocrâne. Sa systématisation est délicate, surtout si l'on veut la quantifier, ce que l'on va pourtant tenter de faire, pour connaitre sa profondeur et son volume.

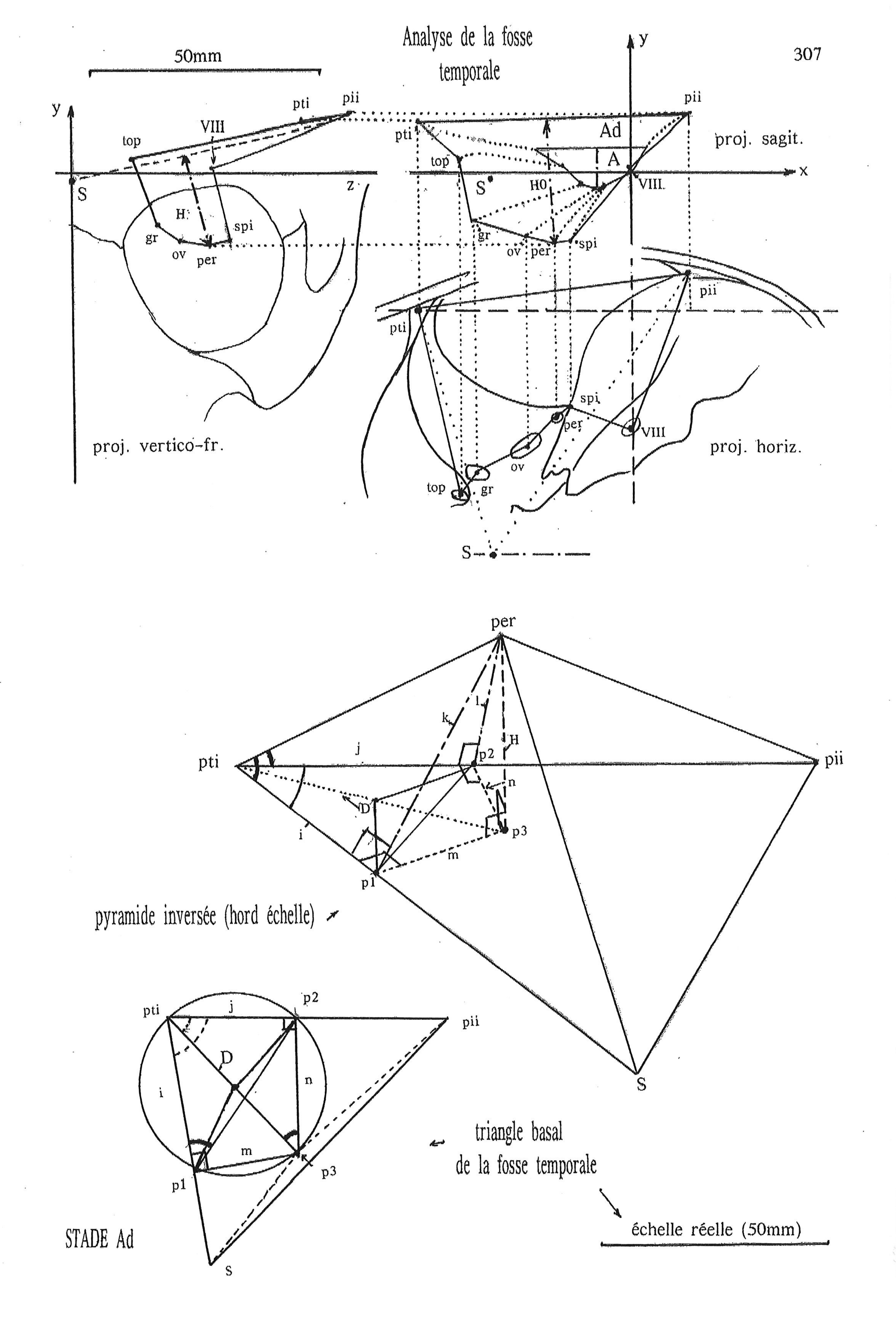
Une façon simple d'estimer la profondeur de la fosse temporale est de considérer les valeurs des ordonnées des points qui s'y trouvent (parmi ceux retenus dans ce travail). Il s'avère que le centre du trou petit rond (per) est le plus bas situé dans les axes vestibulaires d'orientation. Mais la fosse débute un peu plus haut que le plan de l'horizontale vestibulaire. En projection sagittale (comme en projection parasagittale sur un plan passant par le pti) les distances ont alors été prises entre les points de la fosse et la droite unissant le point incisural interne (pii) au ptérion interne (pti). Ho est celle du point per.

En fait, la "base" (supérieure) de chacune des 2 fosses est **oblique dans l'espace** et s'incline un peu, vers l'avant, et beaucoup plus, vers le dedans où on peut la limiter au point S. D'où la tentative de calculer une profondeur plus réaliste : perpendiculaire au plan de "base" de la fosse, lequel rase aussi, au plus près, le bord pétreux supérieur.

Le problème mathématique revient alors à calculer la hauteur (H) d'une pyramide tétraédrique située dans un référentiel orthogonal et dont les 6 côtés sont fournis par la connaissance des 3 coordonnées (x, y, z) de chacun des 4 sommets : pti, pii et S pour le triangle basal, et per comme quatrième extrêmité. Anatomiquement, per est en dessous de la base, mais pour la commodité de la lecture, la pyramide sera inversée (avec le sommet per vers le haut) ce qui n'affecte en rien les résultats quantitatifs que nous allons apporter.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| coordonnées : | pti : | x = -48 | y = 10,5 | z = 52 |
| | pii : | x = 13 | y = 13 | z = 60 |
| | S : | x = -31 | y = -1 | z = 0 |
| | per : | x = -17 | y = -16 | z = 30 |

Pour chacun des 4 triangles constitutifs, les 3 côtés sont calculés, ce qui permet ensuite de connaitre la valeur des 3 angles de chacun d'eux.



Analyse de la fosse temporale
50mm
y
S
z
top
VIII
pti
pii
H
gr
ov
per
spi
proj. vertico-fr.
pti
pii
Ad
A
x
top
S
H0
VIII.
gr
ov
per
spi
proj. sagit.
pii
pti
spi
per
VIII
ov
top
gr
S
proj. horiz.
per
pti
j
k
l
H
p2
pii
n
D
i
p3
m
p1
S
pyramide inversée (hord échelle)
pti
j
p2
pii
D
i
n
m
p1
p3
s
STADE Ad
triangle basal de la fosse temporale
échelle réelle (50mm)

| | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| y de per | -7 | -10 | -11 | -12,5 | -13 | -14 | -15 | -16 | -17 | ↘10 |
| H0 | 9 | 13 | 14 | 15 | 16 | 21 | 21,5 | 24 | 26 | ↗17 |
| pti⇔pii | 24,00 | 34,00 | 38,07 | 42,19 | 48,51 | 52,78 | 56,50 | 59,71 | 61,57 | ↗37,57 |
| pti⇔S | 26,80 | 34,41 | 35,74 | 42,03 | 46,69 | 48,97 | 53,02 | 53,57 | 55,90 | ↗29,10 |
| pii⇔S | 29,43 | 38,99 | 45,71 | 50,93 | 58,74 | 64,09 | 69,65 | 73,25 | 75,71 | ↗46,28 |
| pti⇔per | 20,71 | 27,37 | 28,16 | 32,88 | 37,87 | 41,23 | 44,18 | 44,42 | 46,34 | ↗25,63 |
| pii⇔per | 18,47 | 24,53 | 28,32 | 31,75 | 36,72 | 41,06 | 45,16 | 48,68 | 51,39 | ↗32,92 |
| S⇔per | 13,76 | 19,01 | 23,02 | 26,02 | 28,81 | 30,63 | 32,67 | 34,29 | 36,34 | ↗22,58 |
| pii⇔pti⇔S | 70,55 | 69,49 | 76,45 | 74,42 | 76,17 | 77,99 | 78,90 | 80,37 | 80,09 | ↗9,54 |
| cos · | 0,333 | 0,350 | 0,234 | 0,268 | 0,239 | 0,208 | 0,192 | 0,167 | 0,1721 | |
| pii⇔pti⇔per | 48,11 | 45,55 | 47,80 | 48,09 | 48,40 | 49,96 | 51,54 | 53,32 | 54,70 | ↗6,59 |
| cos · | 0,668 | 0,700 | 0,672 | 0,668 | 0,664 | 0,643 | 0,622 | 0,597 | 0,5778 | |
| per⇔pti⇔S | 30,35 | 33,43 | 40,07 | 38,26 | 38,07 | 38,51 | 37,92 | 39,60 | 40,30 | ↗9,95 |
| cos · | 0,863 | 0,834 | 0,765 | 0,785 | 0,787 | 0,782 | 0,789 | 0,770 | 0,7627 | |
| i | 17,87 | 22,83 | 21,54 | 25,82 | 29,80 | 32,24 | 34,86 | 34,21 | 35,34 | ↗17,47 |
| j | 13,83 | 19,16 | 18,92 | 21,96 | 25,19 | 26,51 | 27,48 | 26,52 | 26,77 | ↗12,94 |
| p1⇔p2 | 18,60 | 24,13 | 25,12 | 29,07 | 34,09 | 37,24 | 40,03 | 39,63 | 40,498 | ↗21,89 |
| cos pti⇔p1⇔p2 | 0,713 | 0,668 | 0,681 | 0,686 | 0,698 | 0,718 | 0,739 | 0,751 | 0,7589 | |
| @pti⇔p1⇔p2 = @pti⇔p3⇔p2 | 44,51 | 48,06 | 47,07 | 46,70 | 45,73 | 44,13 | 42,35 | 41,28 | 40,63 | ↘3,88 |
| @p2⇔pti⇔p3 | 45,49 | 41,94 | 42,93 | 43,30 | 44,26 | 45,87 | 47,65 | 48,72 | 49,37 | ↗3,88 |
| cos · | 0,701 | 0,744 | 0,732 | 0,728 | 0,716 | 0,696 | 0,674 | 0,659 | 0,6512 | |
| D | 19,73 | 25,76 | 25,84 | 30,17 | 35,11 | 38,07 | 40,79 | 40,19 | 41,11 | ↗21,38 |
| H | 6,31 | 9,25 | 11,20 | 13,06 | 14,20 | 15,82 | 16,97 | 18,91 | 21,38 | ↗15,07 |
| Ṡ (base) o=Δ (en $cm^2$) | 3,03 | 5,48 | 6,61 | 8,54 | 10,99 | 12,64 | 14,70 | 15,77 | 16,95 | ↗13,92 |
| vol.pyram.($cm^3$) | 0,64 | 1,69 | 2,47 | 3,72 | 5,21 | 6,67 | 8,32 | 9,94 | 12,08 | ↗11,44 |
| V calotte ($cm^3$) | 1,087 | 2,909 | 4,437 | 6,746 | 9,308 | 12,07 | 15,03 | 18,45 | 23,247 | ↗22,1 |
| R (base o cal) | 9,82 | 13,21 | 14,51 | 16,49 | 18,70 | 20,06 | 21,63 | 22,40 | 23,23 | ↗13,41 |
| ρ | 10,80 | 14,05 | 14,99 | 16,93 | 19,41 | 20,62 | 22,27 | 22,73 | 23,31 | ↗12,51 |

(paramètres linéaires en mm, surfaces en $cm^2$ , volumes en $cm^3$)

ESTIMATION VOLUMÉTRIQUES DE LA FOSSE SPHÉNO-TEMPORALE

Un **côté** est donné par la racine de la somme des carrés des différences des coordonnées (x, y, z) des points des 2 extrêmités. Par exemple, pour le côté pti⇔pii :
racine de $(-48 - 13)^2 + (10{,}5 - 13)^2 + (52 - 60)^2 = 61{,}57$. Les autres résultats sont :
pti⇔S = 55,90 , pii⇔S = 75,71 , pti⇔per = 46,34 , pii⇔per = 51,39 , S⇔per = 36,34

On constate que le sommet per est assez excentré vers l'arrière, par rapport à la base de la pyramide.

Un **angle** ($\alpha$) d'un triangle (abc) est calculé à partir de la relation générale (♧) :
$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos\alpha$ , ce qui revient à : $\cos \alpha = (b^2+c^2-a^2) / 2bc$ , sachant que a, b et c sont les 3 côtés d'un triangle, avec l'angle $\alpha$ opposé au côté a.

Ainsi, pour l'angle pii⇔pti⇔S , le cos est de 0,1721 ( et l'angle est de 80,89°). Deux autres angles vont intervenir dans les calculs :

per⇔pti⇔S = 40,30°, avec un cos = 0,7627 et
per⇔pti⇔pii = 54,70° , avec un cos = 0,5778
les autres angles peuvent être calculés mais ne seront pas indispensables

Maintenant que les caractéristiques morphologiques de la pyramide sont établies, on peut l'isoler et la poser sur sa "base".

La suite du calcul n'utilisera que le côté pti⇔per = 46,34 et les 3 derniers angles qui viennent d'être exposés.

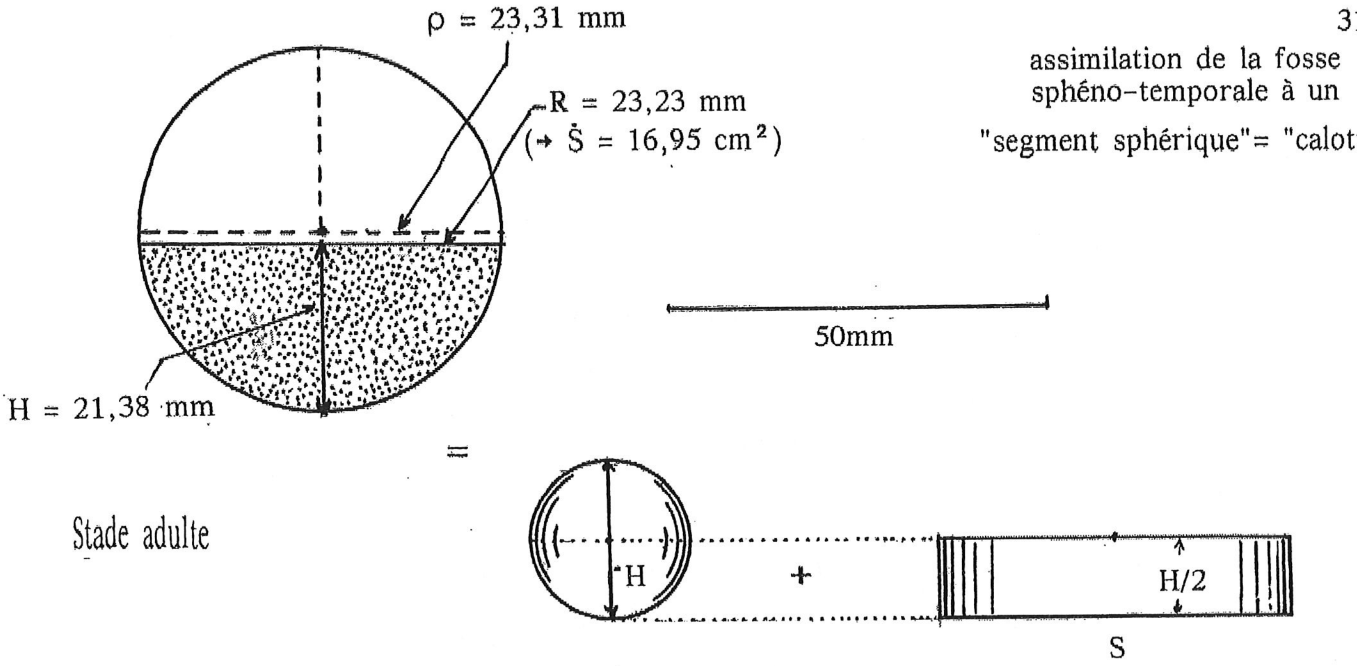
Du sommet per, on abaisse une **perpendiculaire** (respectivement nommée k et l) aux côtés pti⇔S et pti⇔pii, ce qui donne les points p1 et p2. Puis pti⇔p1 = i est calculé, il vaut 35,34. ( en effet, cos per⇔pti⇔S est égal à i / per⇔pti = i / 46,34, d'où i = 46,34 × 0,7627 = 35,34). De même, pti⇔p2 = j est calculé. j = 46,34 × 0,5778 = 26,77 .

La projection (m) de k, et (n) de l , sur la base (pti/pii/S) détermine 2 triangles rectangles ayant pour côté commun H, par lequel per se projette en p3. Mais pour connaître H, il faut d'abord calculer n (ou m), ce que l'on va faire.

Le raisonnement se limite maintenant à un quadrilatère (pti/p1/p3/p2). Il est inscriptible dans un cercle de diamètre D = pti⇔p3, car un angle droit existe entre j et n, et entre i et m. Joignons p1 à p2. L'angle "inscrit" pti⇔p1⇔p2 a la même valeur que l'angle "inscrit" pti⇔p3⇔p2 (dont un côté est le diamètre D) puisqu'ils interceptent le même arc (pti⇔p2). La sécante p1⇔p2 est calculable par le procédé (♧) trigonométrique cité plus haut, puisque on connait l'angle p1⇔pti⇔p2 = 80,09°, de cos = 0,1721, et les côtés : i = 35,34 et j = 26,77. On trouve p1⇔p2 = 40,4982 mm. Cela permet (toujours à l'aide de la relation ♧) de calculer l'angle pti⇔p1⇔p2 puisqu'on connait les 3 côtés du triangle pti/p1/p2. Son cos = 0,7589 et cet angle = 40,63°. Dans le triangle rectangle pti/p2/p3 , puisque l'angle centré en p3 vaut aussi 40,63°, on sait maintenant que l'angle p2⇔pti⇔p3 = 90 - 40,63 = 49,37°. Son cos = 0,65117 Il est égal à j / D . Donc D = 26,77/0,65117 = 41,11mm

On peut maintenant reprendre le triangle pti/per/p3 et faire : $H^2 = (\text{pti⇔per})^2 - D^2$ d'où H = racine de $(46{,}34)^2 - (41{,}11)^2 = 21{,}38$mm. C'est la "profondeur" de la fosse temporale, qu'on voulait évaluer.

Au cours de la croissance, cette profondeur (H) part de 6 mm, donc elle quadruple pratiquement. A ce résultat, on peut ajouter le calcul de la surface (S) de la "base" (pti/pii/S) de la pyramide, par les formules classiques. Elle croît, de 3 à 16,95 $cm^2$ de A à Ad. Il est donc possible d'estimer un volume qui serait "représentatif" de la fosse temporale (faute de lui être "égal", chose difficile à concevoir, à cause des conventions qu'il a fallu adopter). Une première tentative serait de considérer le volume de la pyramide tétraédrique, en utilisant l'aire du triangle basal qui vient d'être évoqué. Cela donne 12 $cm^3$ chez l'adulte (en partant de 0,6 $cm^3$ au stade A). Mais il nous a paru plus logique de considérer plutôt une "calotte sphérique" (ou "segment sphérique"), épousant mieux les formes réelles. La surface de la section (de rayon R) de la sphère (de rayon $\rho$) à laquelle appartient cette calotte, serait regardée comme égale à celle (S) du triangle basal, et la "flèche" serait égale à H. Les calculs




pourraient être menés à partir de la connaissance préalable de ρ (*) mais cela n'est pas indispensable si l'on opère selon la relation : $V = ½\, \dot{S}H + 1/6\ \pi H^3$ qui introduit directement la surface (Ṡ) déjà évoquée (= 16,9542 $cm^2$ chez l'adulte) et la profondeur H (= 21,38 chez l'adulte). On obtient ainsi, pour la calotte, un volume de 23,247 $cm^3$ chez l'adulte (**); il est de 1,08 $cm^3$ chez le fætus de 5 mois.

Cette estimation volumétrique (calotte), pratiquement double de la prédédente (celle de la pyramide) parait plus crédible, en tenant compte des zones délaissées autour de la pyramide, comme le suggère notre iconographie.

La comparaison de R et de ρ démontre, par leur quasi-égalité (23,2 contre 23,3 mm chez l'adulte) que la calotte est en réalité un **hémisphère** qui garde cette forme durant toute la croissance!

Le tableau joint donne le détail des valeurs essentielles concernant l'ontogénèse de la fosse temporale; les autres, non indispensables, peuvent être calculées à partir de celles des 6 côtés du têtraèdre, apportées dans le tableau.

---

(*) il faudrait faire : $\rho = ½\ (H + \dot{S}/\pi H)$ , puis $V = 1/3\ (\pi H^2)\times(3\rho - H)$

(**) on pourrait démontrer que le volume de la calotte est la somme de celui d'une sphère de diamètre H, et de la moitié d'un cylindre de hauteur H et de base S. Ceci est une application du théorème d'Archimède sur "les corps ronds" (sphère, cône et cylindre).

# LE ROCHER

Chez les Mammifères quadrupèdes, le rocher (os "pêtreux") est de taille réduite. Il se limite pratiquement au labyrinthe osseux, caché à la vue latérale par le squamosal. Sur sa face supéro-interne s'ouvrent 2 orifices : le conduit auditif interne, peu profond, et la fossa subarcuata, en avant desquels le bord "tentorial" donne attache à la tente du cervelet (qui peut être ossifiée). Cette face va subir la "rotation occipitale" phylogénique et devenir la face postérieure du rocher humain. Ce mouvement, initié par le processus jugulaire de l'occipital, entraîne, par étirement de la tente du cervelet, la formation, autour du labyrinthe, d'un "pallium pétreux". Celui-ci va déferler au-dessus du labyrinthe et de ses 2 orifices internes. De la fossa subarcuata il ne subsistera qu'un fin canal dirigé vers l'arrière, pendant que le conduit auditif interne se "tunnellise" et s'allonge.

A mesure de l'évolution, en plus de cette partie **moyenne** (labyrinthique), le rocher va acquérir une partie **interne**, apicale (répondant au passage de la carotide) et une partie **externe**, (mastoïdienne) parcourue par le sinus veineux. Les 3 parties du rocher s'extériorisent en apparaissant latéralement et en bas entre le squamosal et l'occipital primitif; il s'y ajoute alors un rapport nouveau, avec la zone astérique du pariétal.

Durant toutes ces transformations, le labyrinthe demeure "en place", avec ses canaux semi-circulaires latéral et antérieur fixes. Le reste du labyrinthe (ainsi que les osselets de l'ouïe) subit la rotation occipitale, en rapport avec l'acquisition de la station érigée.

En conséquence de l'allongement transversal de l'os nous devrons nous pencher (avec la prudence qui s'impose étant donné le choix assez limité des seuls points craniométriques retenus dans cette étude) sur la direction de son grand axe et sur la forme du relief intra-cranien déterminé par le rocher. Une estimation volumétrique de l'os sera également proposée.

## L'AXE PÉTREUX

Sa définition ne peut se contenter d'une appréciation approximative basée sur une "direction générale" en vue endo. ou exocranienne. Mais une quantification reposant sur des coordonnées de points dépend du choix de ceux-ci, donc de conventions incontournables! Accepter un certain risque d'estimation vaut mieux que de demeurer dans la confusion.

Nous ferons plusieurs propositions :

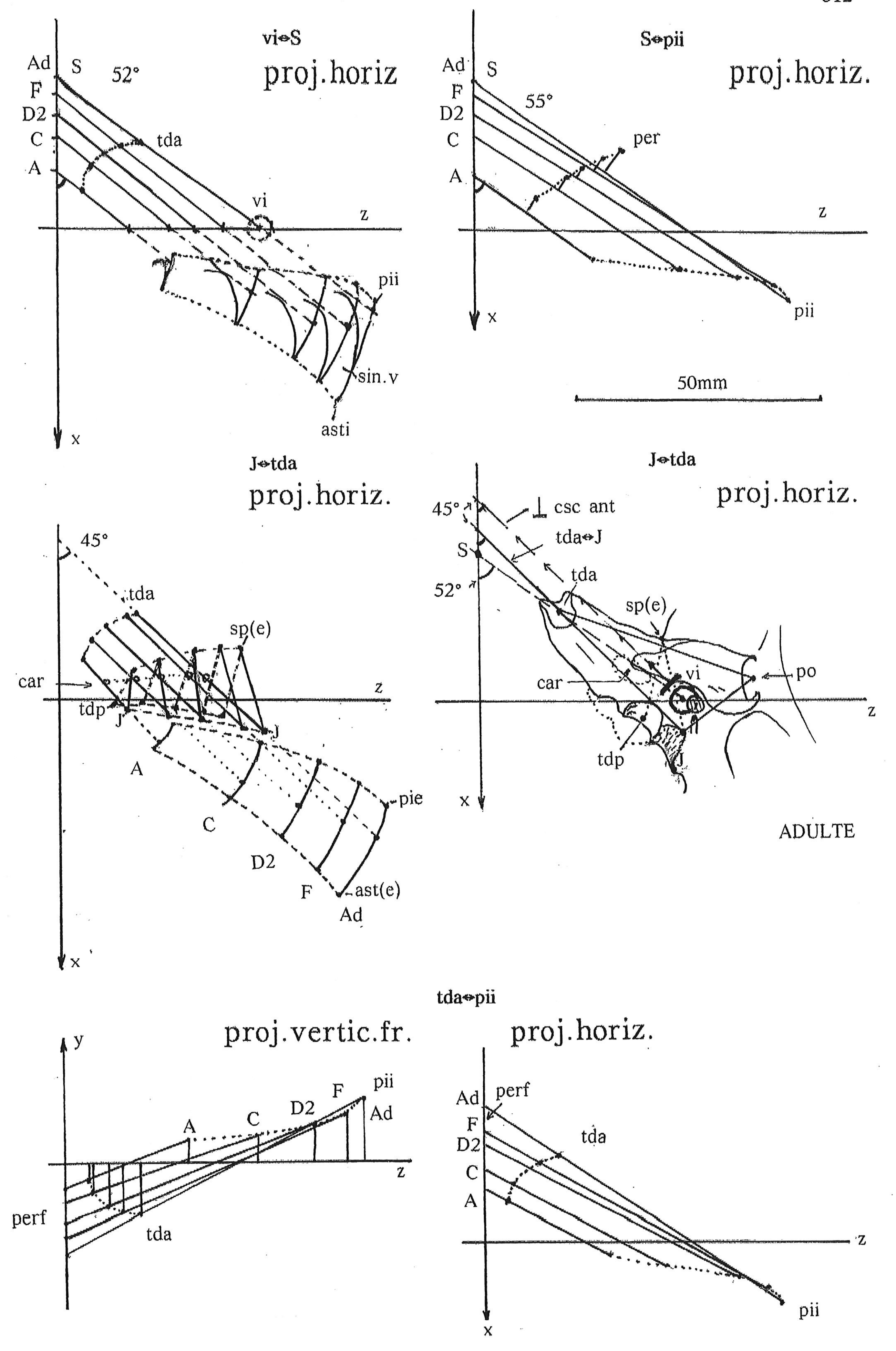
### 1 - axe S↔pii

Déjà utilisé dans les pages précédentes, à propos de la limite de la fosse temporale (rappelée dans l'iconographie par le point per) cet axe a une direction qui parait assez bonne quoiqu'il soit situé un peu haut par rapport au bord tentorial. Le point pii sera d'ailleurs repris un peu plus loin lors de la définition d'un autre axe.

En projection horizontale vestibulaire, son angulation avec le plan sagittal est peu variable durant la croissance; elle oscille autour de **55°**. Une légère diminution se remarque chez l'adulte, liée au recul du pii subissant la rotation occipitale. L'angle "bi-pétreux" ainsi mesuré diminue un peu pendant la croissance, en allant de 118° au stade A, à 107°chez l'adulte.

### 2 - axe vi↔S

En projection horizontale, l'axe unissant le point S de la selle turcique au centre du canal semi-circulaire horizontal fait, avec le plan médian, un angle qui s'accroit légèrement, allant de 49 à **52°**. Il est donc un peu inférieur au précédent, différence qui s'estompe à mesure de la croissance. En effet, le prolongement postérieur de S↔vi coupe le "bord


vi⇔S
proj.horiz
Ad
S
52°
F
D2
C
A
tda
vi
z
pii
sin.v
asti
x
S⇔pii
proj.horiz.
Ad
S
F
55°
D2
C
per
A
z
x
pii
50mm
J⇔tda
proj.horiz.
45°
tda
sp(e)
car
z
tdp
J
J
A
C
pie
D2
F
ast(e)
Ad
x
J⇔tda
proj.horiz.
45°
csc ant
tda⇔J
S
tda
52°
sp(e)
car
vi
po
z
tdp
J
x
ADULTE
tda⇔pii
proj.vertic.fr.
y
pii
F
D2
Ad
C
A
z
perf
tda
proj.horiz.
Ad
perf
F
tda
D2
C
A
z
pii
x

astérique"(pii↔asti) de la portion mastoïdienne, d'abord vers le milieu, puis dans son quart antérieur, ce qui démontre le recul du segment pii↔asti.

L'angle bi-pétreux présente des valeurs plus faibles que celles obtenues avec S↔pii en s'accroissant (de 99°à 105°).. Notons aussi que sur cette projection horizontale, le point tda, centre du débouché carotidien sur l'apex, est aligné avec S↔pii; mais, dans l'espace, ce point est au dessous de l'axe étudié. Chez l'adulte, par exemple, le point S étant "presque" sur l'horizontale, et le ví s'y trouvant (par définition), le tda a un y de -11 et se situe donc plus bas.

| | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pr.hor.@S↔pii/sag | 59,03 | 55,49 | 57,86 | 57,87 | 58,61 | 57,80 | 55,62 | 54,56 | 53,74 | |
| pr.hor.@S/bi-pii | 118,07 | 110,98 | 115,72 | 115,75 | 117,23 | 115,61 | 111,24 | 109,11 | 107,4 | |
| pr.hor.@vi↔S/sag. | 49,39 | 48,18 | 51,95 | 52,12 | 51,92 | 50,91 | 50,35 | 51,71 | 52,90 | |
| pr.hor.@S/bi-vi | 98,80 | 96,36 | 103,90 | 104,25 | 103,85 | 101,81 | 100,71 | 103,49 | 105,8 | |
| pr.hor.@J↔tda/sag. | 38,66 | 43,87 | 45,00 | 46,54 | 49,18 | 49,49 | 49,21 | 48,50 | 46,10 | J↔tda |
| pr.hor.@perf/bi-J | 77,32 | 87,75 | 90,00 | 93,09 | 98,37 | 98,99 | 98,43 | 97,00 | 92,20 | |
| x perf. tda↔J | -14,25 | -16,22 | -18,00 | -22,08 | -22,77 | -24,04 | -25,92 | -28,00 | -32,4 | |
| y perf. tda↔J | -4,00 | -4,06 | -5,90 | -7,79 | -8,59 | -8,04 | -8,19 | -7,75 | -6,96 | |
| en tri.D,@perf/bi-J | 77,32 | 87,58 | 89,71 | 93,07 | 98,29 | 98,18 | 97,50 | 95,42 | 90,08 | |
| pr.hor. J↔perf. | 20,81 | 25,97 | 29,70 | 37,19 | 40,96 | 44,71 | 48,87 | 52,07 | 56,88 | |
| en tri.D, J↔perf. | 20,81 | 26,01 | 29,77 | 37,20 | 40,99 | 44,98 | 49,21 | 52,72 | 57,94 | |
| pente (%) J↔perf. | 0 | -5,5 | -7,0 | -12,0 | -3,6 | -11,0 | -11,8 | -15,8 | -19,4 | |

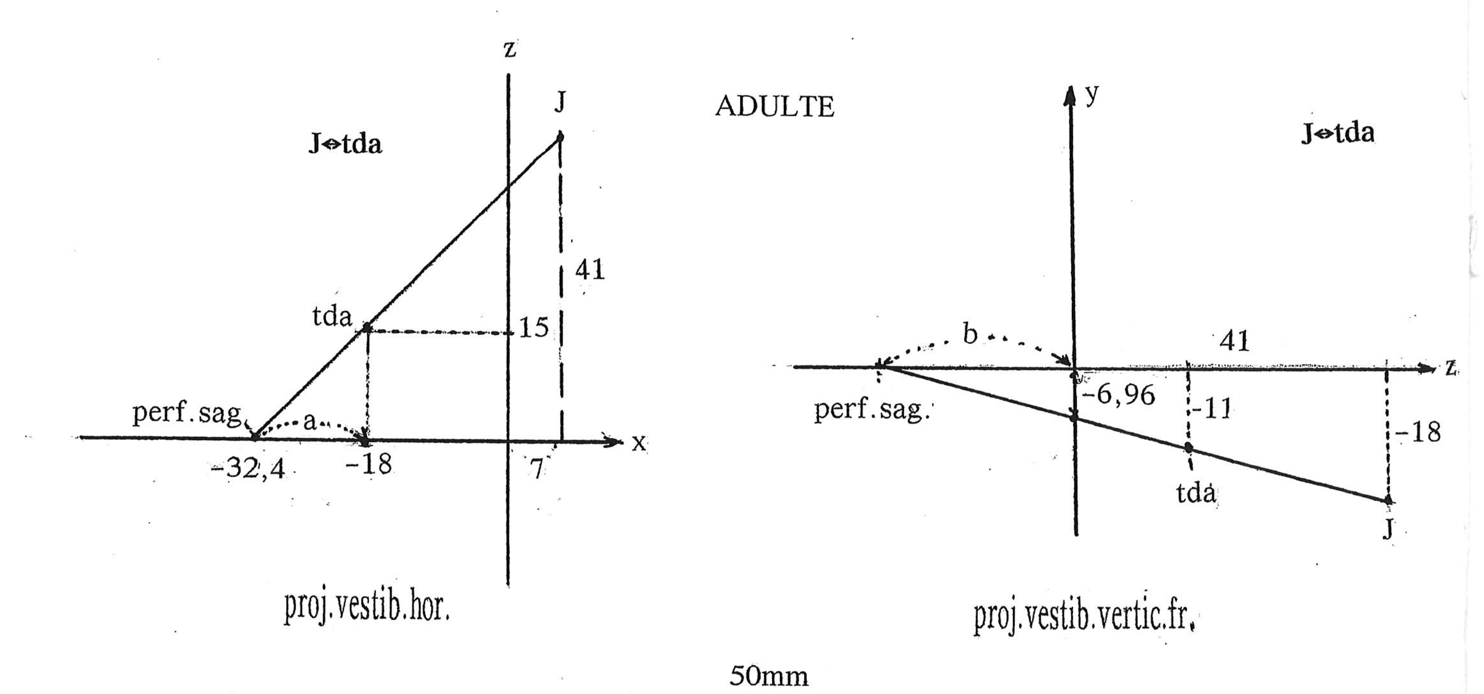
(angles en degrés, et mesures linéaires en millimètres)

3 - **axe J↔tda**

Cet axe est bien représentatif de la direction pétreuse, en vue inférieure. En projection horizontale, le point car s'y projette aussi; donc l'axe J↔tda répond au trajet intra-pétreux de la carotide dans l'apex. Lorsqu'on connait les coordonnées (x,y,z) des 2 points utilisés, pour un côté donné, une connaissance exacte de la direction de cet axe, dans **l'espace**, est possible. Par exemple, chez l'adulte on a :

pour J : x=+7 y=-18 z=+41
et pour tda : x=-18 y=-11 z=+15

Pour les calculs, une double projection s'impose: horizontale et vertico-frontale (vest.)



En projection horizontale, il faut d'abord calculer un paramètre a, à l'aide de triangles semblables. En utilisant les valeurs précédemment rappelées chez l'adulte , on trouve :

a = 15 (18--7) / (41-15) = 14,42

Le point (perf) de perforation du plan sagittal, par l'axe J⇔tda a donc une abscisse de x(perf) = -18 - 14,42 = -32,42

En projection vertico-frontale et en orientant les z vers la droite de la figure jointe, un calcul identique donne b = (15 × 18) - (11 × 41) / (-18 + 11) = 25,85 et y(perf) = (25,85 × -11) / (25,85 + 15) = -6,96

Connaissant maintenant les coordonnées du point de "perforation sagittale" ainsi que celles de l'un ou l'autre des 2 points (par exemple J), l'angle compris, dans l'espace, entre le plan médian et l'axe pétreux considéré est calculé par les procédés habituels. Il vaut 45° chez l'adulte Donc l'angle bi-pétreux est de 90°. Le tableau montre qu'il s'accroit de A à D2 où il atteint un maximum (98°) puis diminue jusqu'à l'adulte. Ces valeurs sont évidemment un peu inférieures à celles de ce même angle considéré en projection horizontale (92,2°chez l'adulte et 98° en D2).

La longueur de l'axe, depuis le point jugulaire (J) jusqu'au plan sagittal est, dans l'espace, de 59,6mm chez l'adulte et débute à 21,2mm au stade A. En projection horizontale, elle est un peu moindre (56,8 pour l'adulte et 20,8 au stade A).

Connaissant en projection horizontale, la longueur de l'axe, entre 2 points ainsi que la différence des ordonnées de ces points, on en déduit la "pente" de l'axe. Elle s'observe ici selon une direction descendante (notée d'un signe - ) se dirigeant vers le dehors et l'arrière. Sa valeur est de 19,4% chez l'adulte. Elle était pratiquement nulle au départ (en A) et était demeurée faible (3,6 % en D2).

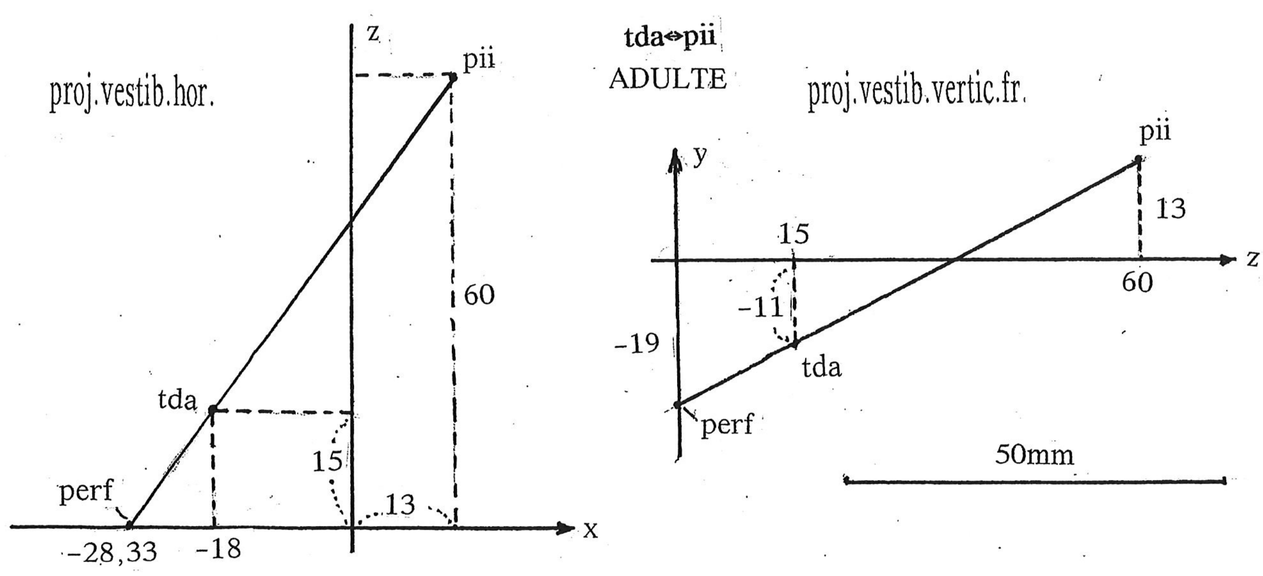
Reprenant l'exemple de l'adulte, la pente s'obtient en faisant : (-18 - -6,96) / 56,88 et l'on trouve -0,194, c'est à dire 19,4 %

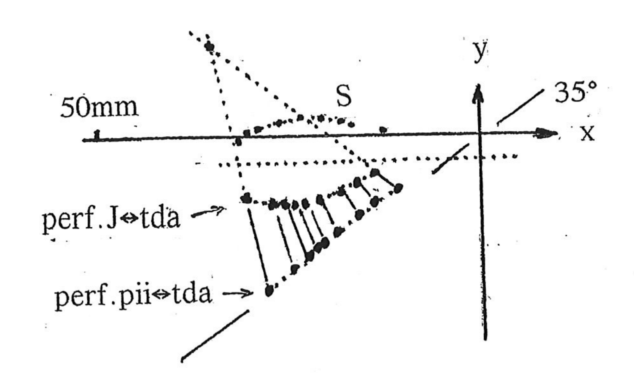
#### 4 - axe perpendiculaire au centre du canal semi-circulaire antérieur

Cet axe est horizontal (puisque le plan de ce canal antérieur est perpendiculaire au plan du canal externe). Sa direction s'avère être parallèle à la projection horizontale de l'axe précédent (J⇔tda). Elle est physiologiquement et anatomiquement fixe, à 45° du plan médian. Le bi-pétreux qui s'y rapporte est donc de 90° quel que soit l'âge , et l'axe est parallèle au plan du canal semi-circulaire postérieur du même rocher (et perpendiculaire au plan du canal postérieur du rocher opposé). Mais, d'après Girard (1914), cela n'empèche pas qu'une observation globale de la base du crâne humain, sans dissection ni repères précis, "suggère" un angle plus élévé (2 fois 55°).

#### 5 - axe tda⇔pii

Si l'axe J⇔tda s'est avéré intéressant sur une vue inférieure du crâne, pour préciser un axe pétreux, il ne peut tenir lieu de direction approchée du bord tentorial, lors d'un examen cranien après ablation de la calotte. C'est pourquoi nous suggérons de considérer maintenant l'axe entre le trou déchiré antérieur et le point incisural interne. La méthodologie précédemment proposée peut être utilisée.






perforations sagittales des axes pétreux

| | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pr.h.@pii⇔tda/sag | 61,19 | 59,67 | 62,06 | 59,64 | 61,78 | 61,90 | 60,26 | 58,22 | 55,33 |
| pr.h.@perf/bi-pii | 128,38 | 119,34 | 124,12 | 119,28 | 123,56 | 123,80 | 120,52 | 116,44 | 110,66 |
| x perf.tda⇔pii | -10,75 | -13,72 | -15,18 | -19,19 | -19,83 | -20,84 | -22,57 | -24,55 | -28,33 |
| y perf.tda⇔pii | -6,12 | -6,57 | -8,77 | -11,43 | -12,62 | -13,48 | -15,05 | -16,86 | -19,0 |
| 3-D @perf/bi-pii | 110,40 | 110,32 | 113,82 | 108,05 | 112,30 | 112,68 | 108,43 | 103,43 | 97,88 |
| proj.hor.pii⇔perf. | 28,53 | 37,07 | 44,14 | 49,83 | 56,74 | 61,22 | 65,65 | 69,41 | 72,86 |
| 3D pii⇔perf. | 30,44 | 38,99 | 46,55 | 53,13 | 60,20 | 64,88 | 70,27 | 75,17 | 79,58 |
| pente(%)pii⇔perf. | 37,24 | 32,57 | 33,46 | 36,98 | 35,46 | 35,08 | 38,16 | 41,60 | 43,90 |

**axe tda⇔pii** paramètres linéaires en mm, angles en degrés

Les points de perforation du plan sagittal, par l'axe tda⇔pii sont calculés comme précédemment; ils sont plus bas situés et décrivent, durant la croissance, une droite passant par le centre des axes vestibulaires et faisant un angle (ouvert en arrière) de 35° avec l'horizontale. Comparativement, les points de perforation sagittale de l'axe J-tda décrivent une courbe concave en haut, et de forme quasi-symétrique à celle du point S (symétrie qui s'opère relativement à une horizontale à y = -3). Si l'on réunit les points de perforation des 2 axes, les segments obtenus convergent en un point de coordonnées : x =-35 et y =+12

La longueur de l'axe pii⇔tda , depuis le pii jusqu'à sa perforation médiane, va de 28mm en A à 73mm pour l'adulte, si on la considère en projection horizontale, mais elle va de 30mm en A à près de 80mm chez l'adulte, si on la calcule dans l'espace tridimensionnel.

La "pente" de l'axe pii⇔tda est positive (la droite "s'élève" dans le sens centrifuge), contrairement à l'axe tda⇔J. Elle augmente durant la croissance, en allant de 37% en A jusqu'à 44% chez l'adulte. Rappelons que, chez celui-ci, la pente de l'axe tda⇔J était de -19%. Ce dernier étant propre à la vue **inférieure** du rocher, et pii⇔tda se rapportant à sa partie **supérieure**, endocranienne, on peut avancer, logiquement, que l'os pétreux, considéré dans son ensemble, a probablement une pente générale intermédiaire aux 2 valeurs précédentes, soit de : (44+19)/2 ~ 31, "positive", à 44-31 = 13 (%).

L'angle @ (calculé à partir de sa tangente) compris entre l'axe pii⇔tda et le plan sagittal, et considéré en projection horizontale, est toujours proche de 60°sauf chez l'adulte où il descend à 55°(ce qui confirme les observations de Girard-1914) ; l'angle "bi-pétreux" correspondant est donc de 110°. Mais si l'on calcule ce même angle bi-pétreux dans l'espace, il ne vaut plus que 98°, (et donc, unilatéralement, 49° au lieu de 55°). En effet, la géométrie démontre que si l'on fixe les 3 points sur une projection horizontale, plus le y du point sagittal est inportant (en valeur absolue), plus l'angle dont il est le sommet diminue.

# DIRECTIONS DES PERPENDICULAIRES AUX 3 CANAUX S.C. CHEZ L'ADULTE



50mm

45°

spi

vi

45°

45°

z

y

J(i)

x

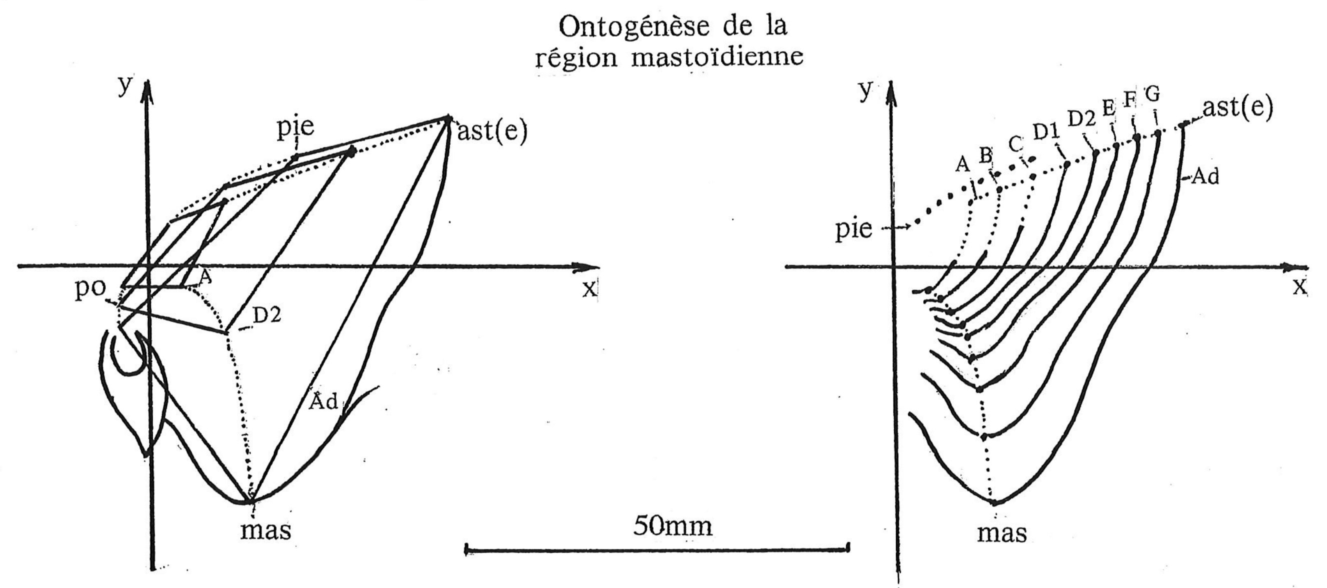
45°

op

x

projection sagittale du labyrinthe D.

Ontogénèse de la région mastoïdienne



## L'ARÈTE TENTORIALE

Elle sépare, sur la base endocranienne, l'étage "moyen" de l'étage "postérieur". Pour cette "arête" stylisée, on a choisi le segment tda↔pii, déjà retenu dans les pages précédentes, comme "axe endocranien" du rocher. La face pétreuse **antéro-supérieure** peut être représentée par un plan passant par l'arête qui vient d'être définie et par le point spinion interne (spi). De même, la face pétreuse **postéro-supérieure** est représentée par un plan passant par l'arête et par le point tdp (centre de la partie veineuse du trou déchiré postérieur). La rencontre des 2 plans détermine un angle dièdre dont le sommet est sur la droite tda↔pii. C'est cet angle "pétro-tentorial" que nous allons préciser, dans sa conception spaciale. Il se définit sur une section du rocher, perpendiculaire à l'arête de l'angle dièdre, vers son milieu (entre le conduit auditif interne et l'éminentia arcuata).

Les calculs seront menés, par exemple chez l'adulte, uniquement à partir des coordonnées vestibulaires des 4 points du tétraèdre irrégulier qu'ils définissent :

| tda | pii | tdp | spi |
|---|---|---|---|
| x = −18 | x = +13 | x = +5 | x = −14 |
| y = −11 | y = +13 | y = −13 | y = −15 |
| z = +15 | z = +60 | z = +32 | z = +34 |

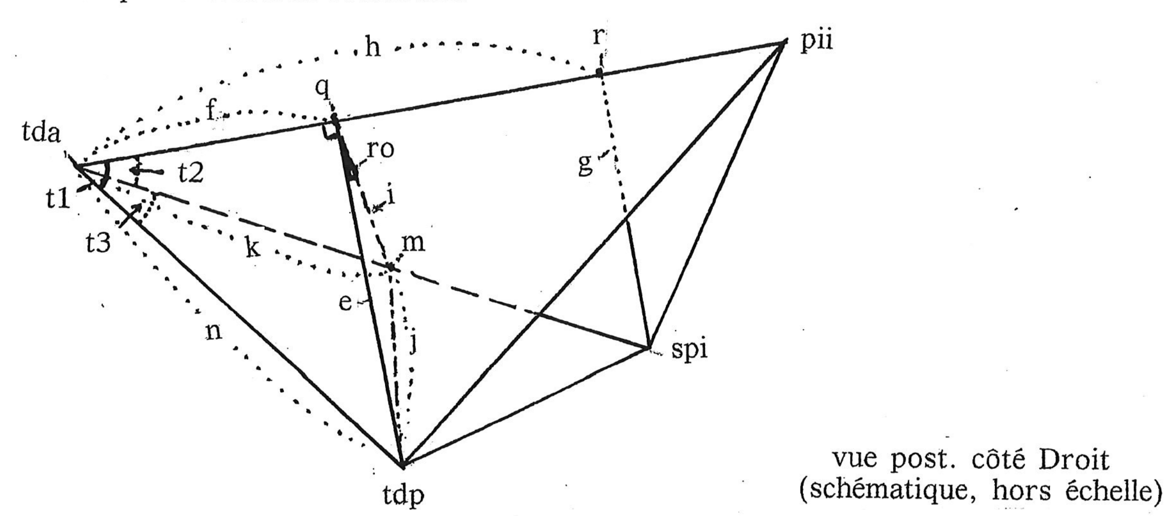
Il faut d'abord calculer les 6 côtés du tétraèdre puis, à l'aide de la relation ♣ déjà utilisée dans les pages précédentes) les angles des 4 triangles, parmi lesquels 3 seront utilisés pour la suite :

t1 : pii/tda/tdp = 33,31° avec sin t1 = 0,549 et cos t1 = 0,836
t2 : pii/tda/spi = 41,73° avec sin t2 = 0,665 et cos t2 = 0,746
et t3 : spi/tda/tdp = 41,91°avec sin t3 = 0,668 et cos t3 = 0,744

De tdp on trace la perpendiculaire (e) à tda↔pii, jusqu'au point q, et de spi : la perpendiculaire (g) à tda↔pii, aboutissant au point r. Deux segments (f et h) sont ainsi définis sur tda↔pii. On calcule :

e = (tda↔tdp).sin t1 = 28,67 × 0,549 = 15,74
f = (tda↔tdp).cos t1 = 28,67 × 0,836 = 23,96
g = (tda↔spi).sin t2 = 19,82 × 0,665 = 13,19
et h = (tda↔spi).cos t2 = 19,82 × 0,746 = 14,79

Dans le plan tda↔spi↔pii, on mène par le point q une parallèle (i) à g, et qui coupe tda↔spi en m. A cause des triangles semblables, on peut écrire que i/g = f/h.
Si l'on appelle k = tda↔m, k = racine de $f^2 + i^2 = 32,10$
j est obtenu en joignant tdp à m. Si l'on appelle n = tda↔tdp on peut écrire :
$$j^2 = k^2 + n^2 - 2kn \cos t3 = 482,69, \text{ d'où } j = 21,97$$
En appelant ro l'angle (tdp/q/m) recherché sur le rocher,
$$j^2 = e^2 + i^2 - 2ei \cos ro, \text{ d'où : } (-j^2+e^2+i^2) / 2ei = \cos ro, \text{ c'est à dire}$$
: $\{ (21,36)^2 + (15,74)^2 - (21,97)^2 \} / (2 \times 15,74 \times 21,3) = 0,329$, d'où ro = 70,75°.
C'est l'angle dièdre "pétro-tentorial" recherché.



vue post. côté Droit
(schématique, hors échelle)

Cet angle part de 104°chez le fœtus de 5 mois, arrive aux environs immédiats de l'angle droit en D1 - D2, puis diminue progressivement jusqu'à l'adulte. Cette diminution (de 33°) accompagne le creusement des fosses moyenne et postérieure de la base endocranienne. (mais il faut aussi se souvenir que le choix des points influe beaucoup sur les résultats!).

Il peut être intéressant de connaître la proportion de chacune des distances à l'arête, des 2 points servant à définir les 2 plans du dièdre. Par exemple, chez l'adulte :

pour le spinion interne, g / tda⇔pii = 0,22

et pour le trou déchiré postérieur, e / tda⇔pii = 0,26

Quant à la participation relative, de e et de g, aux précédents calculs : g/e = 0,83 chez l'adulte, d'où plus forte implication de la face pétreuse postérieure que de la face antérieure. Mais, dans le plan e/i/j dans lequel a été calculé l'angle ro, i est plus grand que e. La surface de ce triangle va de 0,11 $cm^2$ en A, à 1,59 $cm^2$ chez l'adulte.

La valeur des principaux paramètres linéaires qui sont intervenus, est donnée dans le tableau joint. Ces augmentations ontogéniques vont de 7 mm pour h, jusqu'à 36 mm pour tda⇔pii

| | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| tda⇔tdp | 10,86 | 15,34 | 17,87 | 20,81 | 22,82 | 24,23 | 25,63 | 27,06 | 28,67 |
| tda⇔spi | 8,20 | 12,59 | 16,12 | 17,58 | 18,44 | 19,47 | 19,52 | 19,48 | 19,82 |
| tda⇔pii | 24,36 | 32,28 | 39,39 | 43,24 | 49,37 | 52,86 | 56,09 | 58,60 | 59,68 |
| tdp⇔spi | 8,01 | 10,96 | 13,08 | 13,47 | 14,59 | 15,53 | 16,31 | 17,64 | 19,21 |
| tdp⇔pii | 17,03 | 20,55 | 26,31 | 27,96 | 32,42 | 34,69 | 36,70 | 38,38 | 39,04 |
| spi⇔pii | 17,04 | 22,18 | 26,18 | 28,37 | 33,54 | 36,96 | 40,87 | 44,48 | 46,79 |
| @t1 | 37,29 | 30,26 | 33,15 | 32,28 | 32,20 | 31,76 | 31,34 | 31,87 | 33,31 |
| @t2 | 22,15 | 29,30 | 27,57 | 25,56 | 24,85 | 28,61 | 32,00 | 36,52 | 41,73 |
| @t3 | 47,22 | 44,91 | 44,92 | 39,98 | 39,66 | 39,80 | 39,51 | 40,60 | 41,91 |
| e | 6,58 | 7,73 | 9,77 | 11,11 | 12,16 | 12,75 | 13,33 | 14,29 | 15,74 |
| f | 8,64 | 13,25 | 14,96 | 17,59 | 19,31 | 20,60 | 21,89 | 22,98 | 23,96 |
| g | 3,09 | 6,16 | 7,46 | 7,53 | 7,75 | 9,32 | 10,34 | 11,59 | 13,19 |
| h | 7,59 | 10,97 | 14,29 | 15,89 | 16,73 | 17,09 | 16,55 | 17,02 | 14,79 |
| i | 3,52 | 7,43 | 7,81 | 8,34 | 8,95 | 11,24 | 13,68 | 17,02 | 21,37 |
| j | 8,21 | 11,66 | 13,30 | 13,83 | 15,03 | 16,25 | 17,39 | 19,36 | 21,97 |
| k | 9,33 | 15,19 | 16,88 | 19,47 | 21,28 | 23,47 | 25,81 | 28,59 | 32,10 |
| @ro | 104,64 | 100,53 | 97,74 | 89,41 | 89,47 | 85,02 | 80,01 | 75,86 | 70,75 |
| g / tda⇔pii | 0,12 | 0,19 | 0,18 | 0,17 | 0,15 | 0,17 | 0,18 | 0,19 | 0,22 |
| e / tda⇔pii | 0,26 | 0,23 | 0,24 | 0,25 | 0,24 | 0,24 | 0,23 | 0,24 | 0,26 |
| g/e | 0,47 | 0,79 | 0,76 | 0,67 | 0,63 | 0,73 | 0,77 | 0,81 | 0,83 |
| surf.trian.eij | 0,11 | 0,28 | 0,38 | 0,46 | 0,54 | 0,71 | 0,90 | 1,18 | 1,59 |

paramètres linéaires en mm, angles en °, et surfaces en $cm^2$

Angle dièdre "pétro-tentorial"

## ANALYSE DE L'ANGLE PÉTRO-TENTORIAL

Pour l'angle ro qui vient d'être calculé, on connait la position (q) de son sommet sur l'arête pétreuse estimée (tda⇔pii), mais il faut encore préciser l'orientation de ses 2 branches (au moins, de l'une d'entre elles, par exemple la postérieure, d'où l'on déduit celle de l'autre). Pour ce faire, plusieurs procédés peuvent convenir, notamment celui impliquant une série de translation et de rotations du tétraèdre (tda-pii-spi-tdp) dans les axes vestibulaires d'orientation. Nous avons opté pour une autre méthode pour laquelle des résultats déjà acquis dans les pages précédentes pouvaient être réutilisés.

Il faudra d'abord opérer par projection horizontale pour juger de la situation des points spi et tdp par rapport à l'arète tda↔pii, puis en déduire cette même situation dans l'espace. Rappelons que "l'arète tentoriale", projetée sur le plan vestibulaire horizontal, génère, de ce fait, un plan vertical scindant l'angle dièdre ro en ro1 et ro2, respectivement en arrière et en avant de ce plan vertical, et que ces angles sont calculés, dans l'espace, **perpendiculairement à l'arète**. Ils sont donc dans un plan perpendiculaire à cette dernière, en un point qui peut être quelconque, mais qui sera, en fait, le point q déjà défini.

A partir de la connaissance des x et des z des 4 points : tda, tdp, spi et pii, on obtient la projection horizontale (p.h.) du tétraèdre, sur laquelle peuvent être tracées les projection de l'arète et de l'autre côté (tdp↔spi). Leur point de rencontre (en projection horizontale : p.h.int.) est trouvé grâce aux formules classiques (de type y = ax+b) appliquées aux 2 segments de droites dont on cherche l'intersection. On en déduit : la projection de la distance (p.h.dist) entre p.h.tdp et p.h.int. ainsi que la longueur de la projection horizontale de tdp↔spi (p.h.tdp↔spi). La proportion (% dist) entre p.h.dist et p.h.tdp↔spi est alors connue. (elle décroit, de 66% an stade A, jusqu'à 55% chez l'adulte).

Cette proportion, calculée en projection horizontale, est **la même** que celle existant entre les mêmes points, dans l'espace. En effet, les projections des points, sur le plan horizontal, mettent en jeu des verticales qui sont évidemment **parallèles entre elles**. Le théorème de Thalès rend possible de calculer la longueur **réelle** (ré) comprise entre tdp et le point (int) où le plan vertical vertical passant par l'arète, coupe tdp↔spi. Elle croît, durant l'ontogénèse, de 5mm en A, jusqu'à 10,6mm chez l'adulte.

A partir d'ici, les caractéristiques du tétraèdre **orienté** (par le plan vertical passant par l'arète et par la droite tda↔int) vont permettre une analyse directe de celui-ci, indépendamment des axes vestibulaires eux-mêmes.

Ces calculs nécessitent la connaissance de plusieurs paramètres déjà apportés par les tableaux des pages précédentes, et notamment : k, tdp↔spi, j, n, e. On rappellera, en outre, l'angle @tda/tdp/spi , qu'on nommera V3, déjà calculé (à partir des côtés des triangles constituant le tétraèdre), mais qui n'avait pas été publié, car non utilisé à ce moment là!).

On continuera à baser le raisonnement sur la même iconographie, en conservant les mêmes conventions de légendes, en sachant qu'il ne sagit que d'une figuration théorique et schématique. Certains résultats (angles obtus, valeurs linéaires négatives...) proviennent de ce que spi et tdp peuvent se projeter sur l'arète tda↔pii, dans l'ordre inverse de ce qui est ici représenté, et rendant l'iconographie plus difficile à interpréter. Mais cela ne change pas le raisonnement ni n'influe sur les résultats lorsqu'on en tient compte.

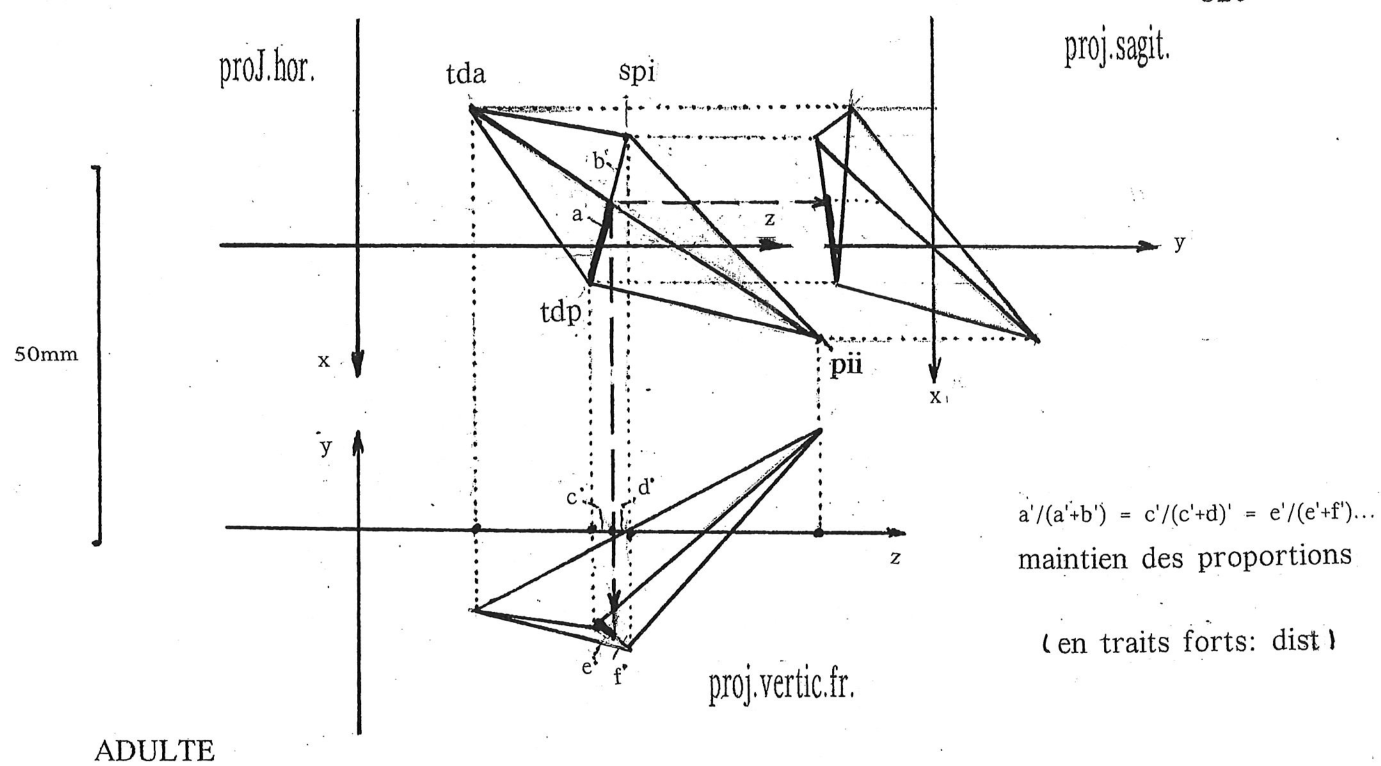
Cela est le cas de la distance u, différence entre le côté tda↔spi (déjà calculé) et la longueur k (entre tda et m). Elle est négative pour la raison que l'on vient d'expliquer.

u, avec 2 autres valeurs : tdp↔spi et j (entre tdp et m) mène au calcul de l'angle V1 à partir de son cosinus. La relation (♣) qui a déjà été évoquée (de type : $a^2=b^2+c^2-2bc\cos\alpha$) permet soit de connaître un côté d'un triangle connaissant les 2 autres et l'angle qu'ils interceptent, soit de rechercher un angle, connaissant les 3 côtés. Elle sera employée à plusieurs reprises.

L'angle V3 est, à son tour, établi. (à partir du triangle tda/tdp/spi)

Si l'on nomme X la distance séparant tda du point de rencontre de tda↔int avec tdp↔m, son calcul implique les valeurs : n, ré et V3. A son tour, X, ré et n fournissent l'angle V2, entre tda↔int et tdp↔spi. Il est obtus et il faut en prendre le complément à 180°. Puis on en cherche le sinus (qui sera repris ci-après).

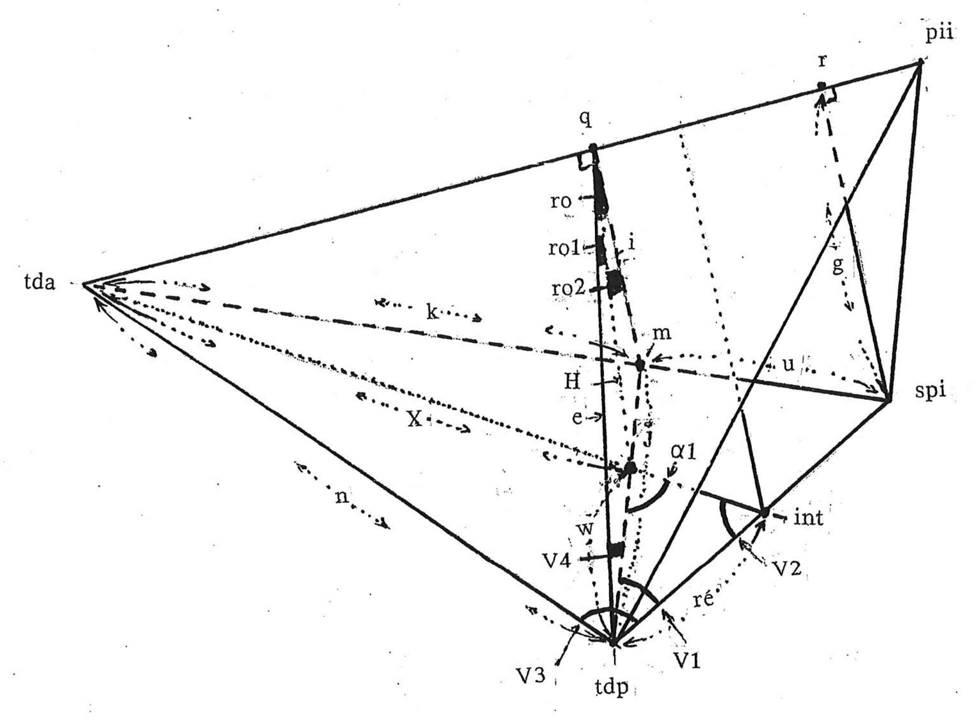
$\alpha$1 est le troisième angle du triangle dont on connait les 2 autres (V1 et V2). on en prend également le sinus. Un côté de ce triangle (voir iconographie) est nommé w. Une autre



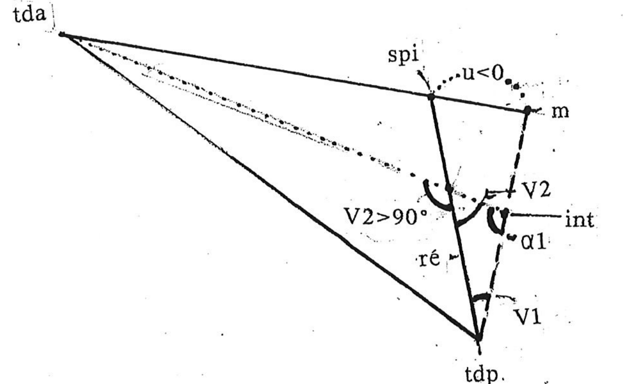

a'/(a'+b') = c'/(c'+d)' = e'/(e'+f')...
maintien des proportions

(en traits forts: dist)

ADULTE




Schémas hors échelle




calcul de V2

| | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (p.h) x int. | -3,970 | -4,021 | -4,689 | -5,578 | -6,094 | -6,119 | -5,806 | -5,275 | -5,525 |
| (p.h) y int. | 12,326 | 16,577 | 19,786 | 23,231 | 25,598 | 27,565 | 29,338 | 31,117 | 33,108 |
| (p.h) dist. | 5,144 | 5,742 | 7,247 | 8,700 | 9,458 | 9,955 | 9,977 | 9,839 | 10,572 |
| (p.h)tdp⇔spi | 7,762 | 10,920 | 13,000 | 13,463 | 14,560 | 15,524 | 16,279 | 17,614 | 10,105 |
| % dist | 66,271 | 52,582 | 55,738 | 64,621 | 64,959 | 64,126 | 61,287 | 55,859 | 55,336 |
| ré | 5,308 | 5,763 | 7,290 | 8,704 | 9,477 | 9,958 | 9,996 | 9,853 | 10,630 |
| u | -1,13 | -2,60 | -0,76 | -1,89 | -2,84 | -4,00 | -6,29 | -9,11 | -12,28 |
| cosV1 | 0,990 | 0,975 | 0,998 | 0,991 | 0,982 | 0,969 | 0,932 | 0,883 | 0,8304 |
| V1 | 7,864 | 12,717 | 3,160 | 7,795 | 10,872 | 14,227 | 21,200 | 28,010 | 33,863 |
| cosV3 | 0,660 | 0,586 | 0,493 | 0,545 | 0,591 | 0,597 | 0,695 | 0,648 | 0,7245 |
| V3 | 48,67 | 54,15 | 60,46 | 56,99 | 53,74 | 53,37 | 45,94 | 49,59 | 43,57 |
| X | 8,37 | 12,84 | 15,62 | 17,65 | 18,84 | 19,95 | 20,02 | 21,99 | 22,22 |
| cosV2 | -0,222 | -0,252 | -0,097 | -0,149 | -0,213 | -0,226 | -0,390 | -0,349 | -0,454 |
| (V2>90°) | 102,81 | 104,57 | 95,60 | 98,57 | 102,29 | 103,08 | 112,97 | 110,47 | 117,11 |
| V2<90° | 77,19 | 75,43 | 84,40 | 81,43 | 77,71 | 76,92 | 67,03 | 69,53 | 62,89 |
| sinV2 | 0,975 | 0,968 | 0,995 | 0,989 | 0,977 | 0,974 | 0,921 | 0,937 | 0,890 |
| α1 | 94,95 | 91,85 | 92,44 | 90,77 | 91,42 | 88,85 | 91,77 | 82,46 | 83,25 |
| sin α1 | 0,9963 | 0,9995 | 0,9991 | 0,9999 | 0,9996 | 0,9998 | 0,9995 | 0,9913 | 0,9931 |
| w | 5,19 | 5,58 | 7,26 | 8,61 | 9,26 | 9,70 | 9,21 | 9,31 | 9,53 |
| cosV4 | 0,91 | 0,78 | 0,81 | 0,79 | 0,80 | 0,72 | 0,63 | 0,52 | 0,39 |
| V4 | 24,51 | 38,79 | 35,58 | 37,08 | 36,54 | 43,56 | 50,81 | 58,47 | 66,68 |
| H | 8,38 | 9,53 | 12,17 | 14,06 | 15,28 | 16,02 | 16,20 | 17,06 | 18,40 |
| cos ro1 | 0,785 | 0,811 | 0,802 | 0,790 | 0,795 | 0,796 | 0,823 | 0,838 | 0,855 |
| ro1 (@post) | 38,27 | 35,84 | 36,62 | 37,76 | 37,30 | 37,26 | 34,65 | 33,07 | 31,19 |
| ro2 (@ant) | 66,37 | 64,69 | 61,12 | 51,65 | 52,17 | 47,76 | 45,36 | 42,79 | 39,56 |
| ⇕ ro2/ro1 | 1,73 | 1,80 | 1,67 | 1,37 | 1,39 | 1,28 | 1,31 | 1,29 | 1,27 |
| (rappel:ro) | 104,64 | 100,53 | 97,74 | 89,41 | 89,47 | 85,02 | 80,01 | 75,86 | 70,75 |

paramètres linéaires en mm, et angles en degrés

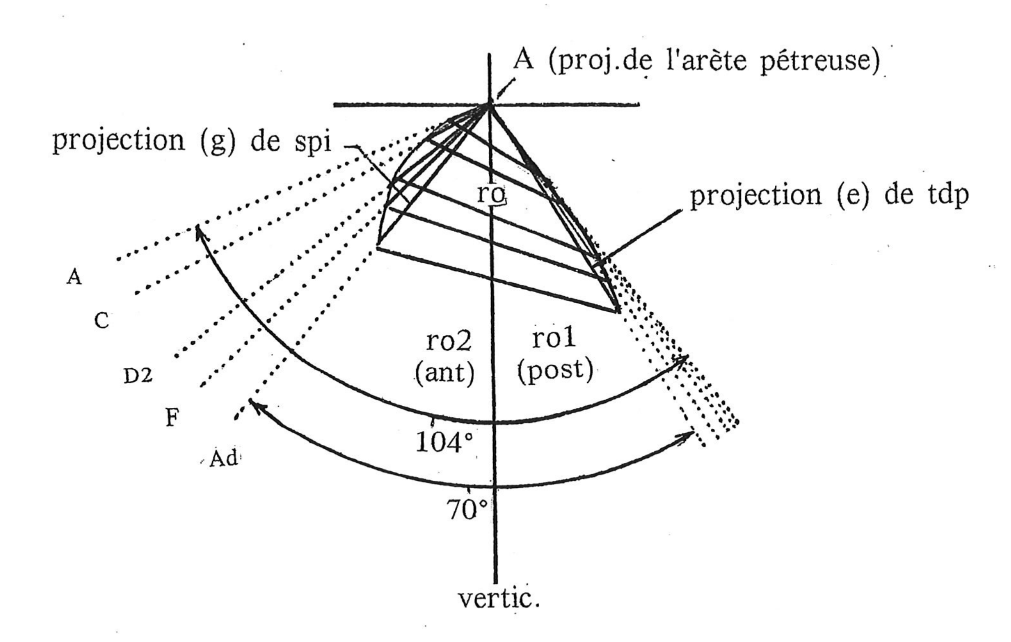
relation classique (de type a/sinα = b/sinβ) est ici appliquée pour avoir w, à partir des sinus de V2 et de V1, et de la valeur ré. Ce w est aussi le côté d'un autre triangle qui va nous conduire à la solution du problème.. Mais auparavant, d'autres calculs doivent encore intervenir, notamment celui de l'angle V4 (qui se situe dans le plan mené par tdp, perpendiculairement à l'arête). Il met en jeu : i, e et j, les 3 côtés du triangle situé dans ce plan. Puis, avec V4, e et w, on obtient H, hauteur abaissée du point q de l'arête du dièdre.

Enfin, avec w, e et H, l'angle ro1 (partie **postérieure** de ro) est calculé. Par différence ave ro, on obtient ro2 (partie **antérieure** de l'angle dièdre ro).

ro1 diminue légèrement avec l'âge (de 38°au stade A, il se réduit à 31°chez l'adulte). Sa valeur apparait nettement plus stable que celle de l'angle antérieur, ro2, qui diminue presque de moitié (allant de 66°en A, pour terminer à 39° chez l'adulte). On peut donc dire que l'angle dièdre qui représente le bord tentorial du rocher, sur une section antéro-postérieure, diminue, ce qui est surtout le fait de sa portion antérieure. La tendance à la verticalisation du plan de la face pétreuse antérieure est plus nette que pour le plan de la face pétreuse postérieure où elle est plus précocément acquise.

Un rapport ro2/ro1 est calculé. Son résultat aboutit à la même conclusion ; il diminue par son numérateur, avec tendance vers une égalisation des deux parties qui finissent "presque" à s'équilibrer.

50mm échelle doublée




Dans la figure ci-dessus, l'arête pétreuse tentoriale (tda↔pii) est projetée au point **A**, sur le plan de la feuille, cette arête étant vue "en enfilade". Le plan vertical selon lequel tda↔pii se projetait sur le plan horizontal vestibulaire est représentè ici, par une droite (vertic). Pour **tous les stades ontogéniques,** les droites perpendiculaires à l'arête, qui avaient été nommées g et e, respectivement pour spi et tdp, sont ici reportées dans notre iconographie, avec leur angulation (ro2 et ro1) relativement à la verticale. La fermeture de l'angle diêdre pétro-tentorial y est explicitée.

PROPORTIONS ET VOLUME DU ROCHER

Quelques considérations seront encore proposées concernant la portion pétreuse du temporal (à l'exclusion de la zone mastoïdienne dont l'évolution ontogénique a été figurée dans une page précédente).

Sur l'exocrâne, et en projection horizontale vestibulaire, 2 largeurs du rocher ont été calculées: entre le spinion externe sp(e) et respectivement le tdp et le point jugulaire (J). Leur étendue est égale. Le premier de ces 2 segments est le plus proche d'une direction perpendiculaire aux divers axes pétreux. Il sera comparé à une "longueur" du rocher déjà citée : tda↔J. Le rapport de la largeur à la longueur va de 0,66 en A, à 0,46 chez l'adulte, ce qui démontre que le rocher s'allonge davantage qu'il ne s'épaissit.

Un volume approché, de l'os pétreux (sans la région mastoïdienne) peut être apprécié en comparant le rocher à une pyramide tronquée, à grande base externe. Cette dernière sera calculée à partir de la distance (spatiale) $\delta$ = po↔J, assimilée à la diagonale d'un carré . $\delta$ va tripler en cours de croissance (de 7mm en A, il arrive à 22mm chez l'adulte). La surface de cette base s'exprime par $B = \delta^2/2$. Très faible au départ ($0{,}25 cm^2$ en A), elle vaut $2{,}45 cm^2$ chez l'adulte. La petite base est estimée à la moitié de la surface de la grande, et la distance entre les bases est rendue égale à tda↔J (qu'on nommera L). Le volume pétreux (V) se calcule par : $V = 0{,}74 BL$. Au srade A, il est égal à $0{,}23 cm^3$ et il arrive à $6{,}66 cm^3$ chez l'adulte. Il est donc devenu 30 fois plus grand! (malgré le fait bien connu, de la "constance" du volume du labyrinthe proprement dit, qui "nait" avec une taille quasi-définitive).

| | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| spe↔tdp | 8,5 | 10,9 | 12,3 | 13,0 | 13,9 | 14,6 | 15,6 | 16,1 | 17,2 |
| spe↔J | 8,62 | 11,15 | 12,40 | 13,16 | 14,32 | 16,32 | 18,03 | 18,43 | 18,47 |
| tda↔J = L | 12,81 | 18,06 | 21,27 | 26,18 | 29,10 | 31,76 | 33,92 | 35,15 | 36,74 |
| ⇕ spe↔tdp/L | 0,66 | 0,60 | 0,52 | 0,49 | 0,48 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,46 |
| po↔J = $\delta$ | 7,02 | 8,34 | 11,36 | 11,20 | 12,88 | 15,16 | 17,92 | 20,50 | 22,14 |
| B = $\delta^2/2$ | 0,25 | 0,34 | 0,64 | 0,65 | 0,88 | 1,15 | 1,61 | 2,10 | 2,45 |
| V = 0,74 BL | 0,23 | 0,46 | 1,01 | 1,21 | 1,79 | 2,70 | 4,03 | 5,47 | 6,66 |

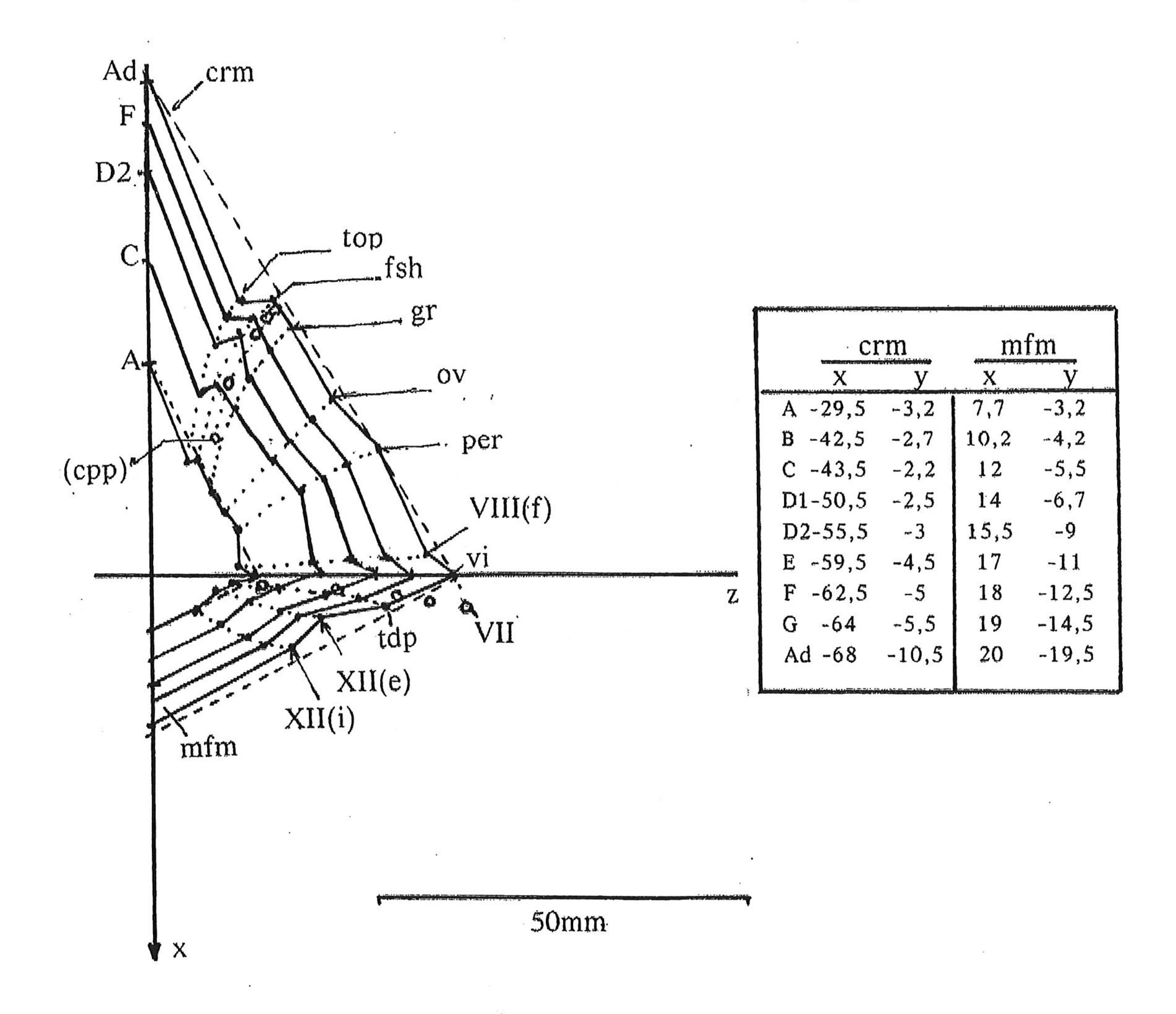
paramètres linéaires en mm , surfaces en $cm^2$ , volumes en $cm^3$

## LES TROUS DE LA BASE DU CRANE

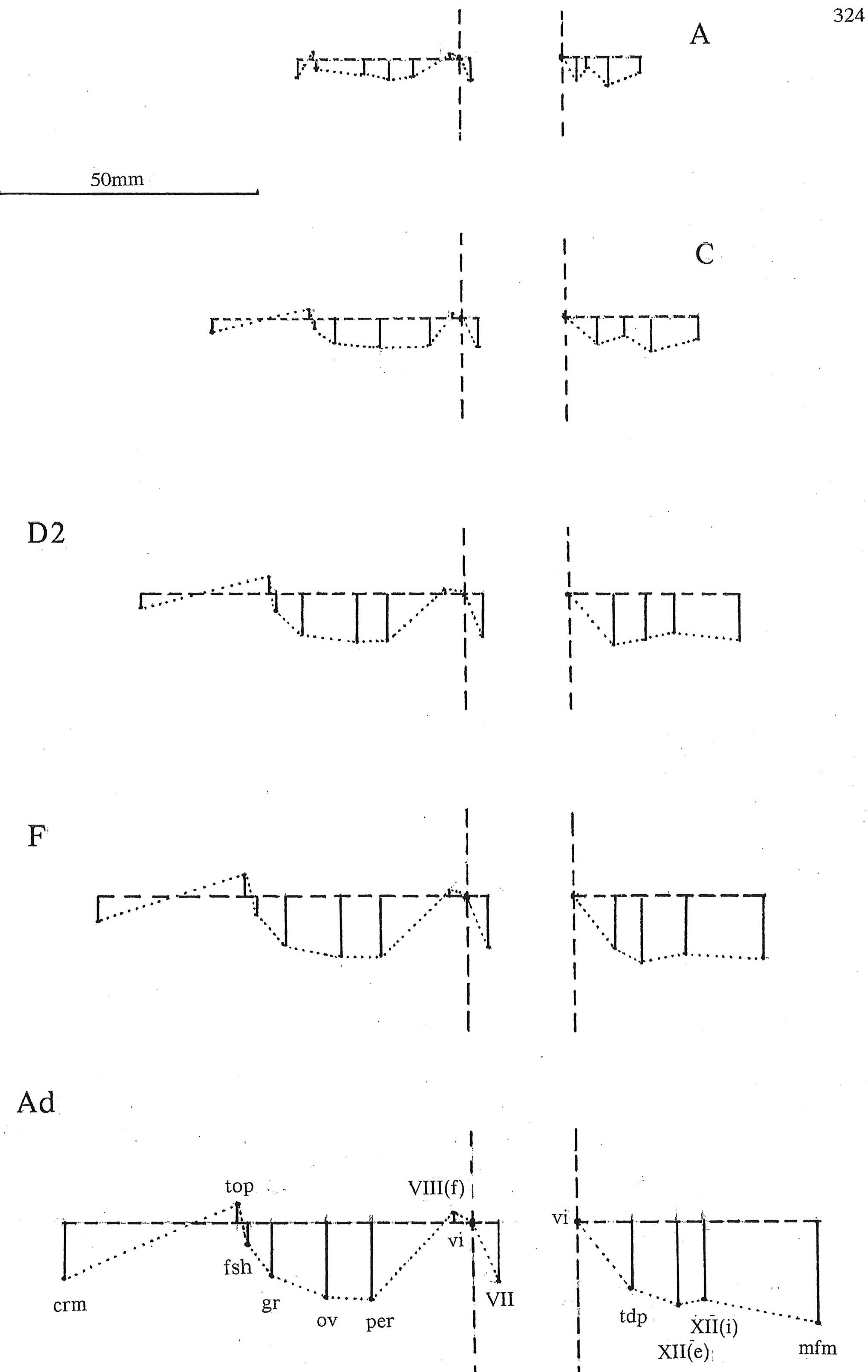
Sur une projection vestibulaire horizontale, les principaux orifices de la base du crâne ont été positionnés et reliés entre eux par une ligne brisée. Elle comprend 2 parties divergeant du vi et rejoignant : le milieu (crm) du crible ethmoïdal et celui (mfm) du trou occipital. Ces deux derniers points sont obtenus facilement par la moyenne des coordonnées des points cra et crp, d'une part, et ba et op, d'autre part.

L'angle crm/vi/mfm demeure proche de 90°. A la partie pré-vestibulaire, on a ajouté le trou stylo-mastoïdien (VII) dont la projection se trouve sur le prolongement de ce segment antérieur. Il est curieux de noter également que le canal palatin postérieur (cpp), pourtant situé nettement plus bas, se projette aussi non loin du segment pré-vestibulaire du "compas" étudié.

Mais cet aspect n'est en fait qu'une illusion car chaque point, centre d'un orifice donné,




| | crm | | mfm | |
|---|---|---|---|---|
| | x | y | x | y |
| A | -29,5 | -3,2 | 7,7 | -3,2 |
| B | -42,5 | -2,7 | 10,2 | -4,2 |
| C | -43,5 | -2,2 | 12 | -5,5 |
| D1 | -50,5 | -2,5 | 14 | -6,7 |
| D2 | -55,5 | -3 | 15,5 | -9 |
| E | -59,5 | -4,5 | 17 | -11 |
| F | -62,5 | -5 | 18 | -12,5 |
| G | -64 | -5,5 | 19 | -14,5 |
| Ad | -68 | -10,5 | 20 | -19,5 |


A
50mm
C
D2
F
Ad
top
VIII(f)
vi
crm
fsh
gr
ov
per
VII
vi
tdp
XII(i)
XII(e)
mfm

est à une certaine "profondeur" en dessous du plan horizontal (passant par le vestibion interne : vi), avec pourtant 2 exceptions : pour le trou optique (to) et le fond du conduit auditif interne (VIII) qui sont un peu au-dessus de ce plan.

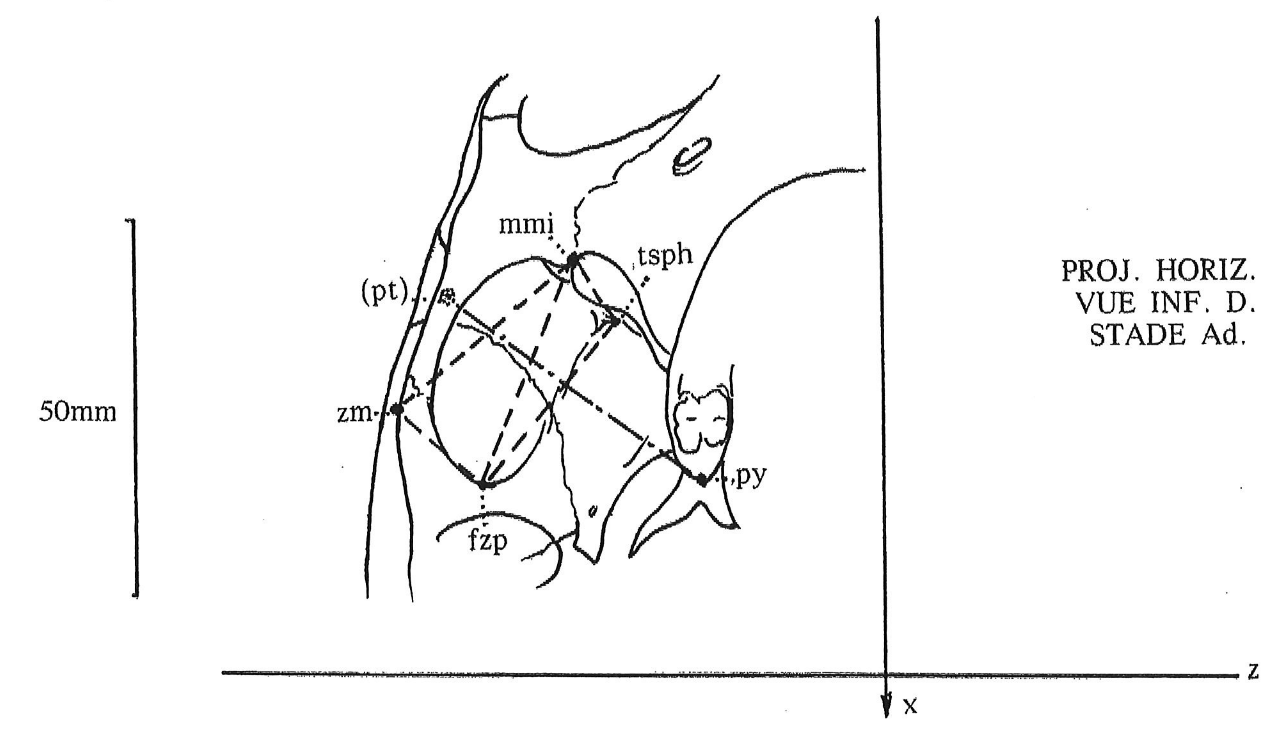
Dans une autre figure, les 2 portions (pré- et post-vestibulaire) ont été isolées et représentées selon le plan vertical répondant à la projection horizontale de chacune des deux branches du "compas".. Puis, chaque point est, à son tour, projeté sur le plan vertical correspondant (puisqu'on connait la valeur de son y).

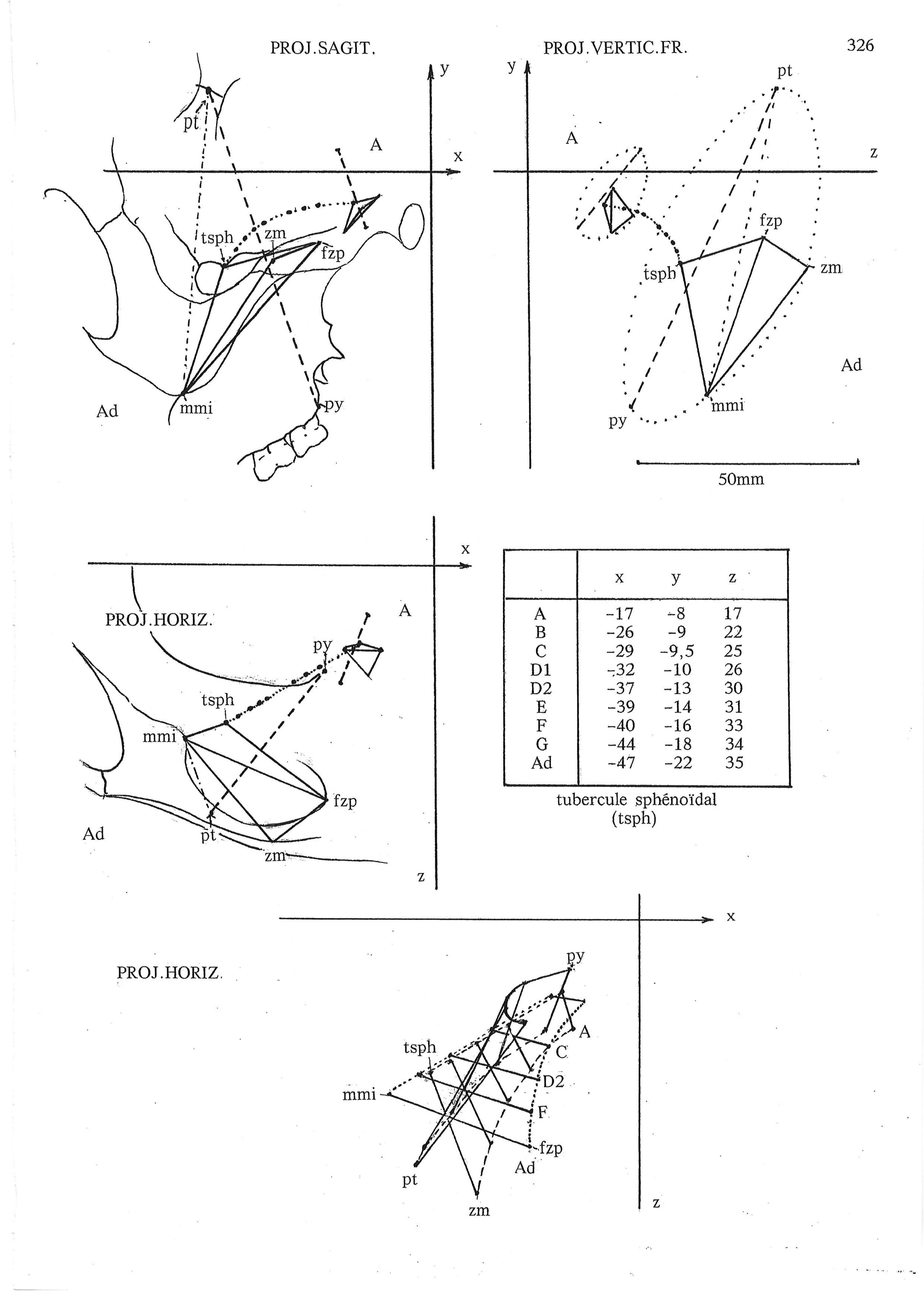
De cette manière, il est possible de se faire une idée assez exacte (quantifiée) de la "profondeur" des 3 étages de la base du crâne et de leur évolution ontogénique. Comme cela a déjà été dit, on observe bien que le maximum de profondeur de l'étage moyen se situe au niveau du trou petit rond (per), à égalité avec le trou ovale (ov).

## LA FOSSE PTÉRYGO-MAXILLAIRE

Assez complexe et difficile à systématiser en vue d'une quantification, nous allons d'abord considérer une zone répondant à ce que des auteurs ont nommé "l'anse du crâne", limitée par le zygoma et par la paroi cranienne, en retenant l'ensemble de 2 triangles. Ils possèdent un côté commun, antéro-postérieur : mmi↔fzp; leurs sommet sont, en dehors, le point zygomatique maximum (zm), et en dedans, le tubercule sphénoïdal (tsph), sur la portion antérieure de la face "horizontale" de la grande aile du sphénoïde. Ce point ne fait pas partie de ceux définis au début de cet ouvrage, et il est donc nécessaire d'en préciser les coordonnées dans le tableau joint.

Puis, dans le sens "vertical", nous limiterons la zone ptérygo-maxillaire aux points ptérion (pt) en haut, et ptérygo-alvéolaire en bas. A partir des valeurs : somme ($\Sigma t$) des 2 triangles, et hauteur de la fosse, un volume sera calculé en assimilant $\Sigma t$ à la surface d'une section moyenne d'un ellipsoïde irrégulier, et la demi-hauteur à celle du troisième demi-axe de l'ellipsoïde.






|  | x | y | z |
|---|---|---|---|
| A | -17 | -8 | 17 |
| B | -26 | -9 | 22 |
| C | -29 | -9,5 | 25 |
| D1 | -32 | -10 | 26 |
| D2 | -37 | -13 | 30 |
| E | -39 | -14 | 31 |
| F | -40 | -16 | 33 |
| G | -44 | -18 | 34 |
| Ad | -47 | -22 | 35 |

tubercule sphénoïdal
(tsph)

# LA LOGE CÉRÉBELLEUSE

Dans d'autres chapitres, diverses considérations sont exposées, concernant les éléments constitutifs de la loge cérébelleuse, au cours de la croissance. On y ajoutera présentement une construction permettant une estimation, forcément imparfaite, du volume réel du cervelet.

La limite supérieure retenue schématise sagittalement la position de la tente cérébelleuse. C'est la droite unissant l'inion interne (ei) au point (hoi) endocranien médian de la suture occipito-sphénoïdale (ou de son reliquat) de l'apophyse basilaire. Ce point hoi est à peu près à la hauteur des bords pétreux tentoriaux. De plus, le segment ei↔hoi coïncide assez étroitement avec le rayon "centro-iniaque" (du centre des axes, à l'inion I) limite inférieure de l'angle "hiatique" vestibulaire.

La limite inférieure de la loge est naturellement le trou occipital (ba↔op) dont on détermine le milieu (mfm) par les coordonnées de ba et de op. Une perpendiculaire projette ce point sur ei↔hoi, en pr.mfm. Les coordonnées de ce dernier sont alors calculées (à l'aide des procédés classiques que l'on ne détaillera pas!), ainsi que la distance mfm↔pr.mfm que, pour simplifier,l'on nommera **c**.

exemple, chez l'adulte : droite ei↔hoi $y = 0{,}271x - 1{,}393$
sa longueur est donnée par la racine de $(64 - -17)^2 + (16 - -6)^2 = 83{,}9$mm
coordonnées calculées, de mfm : $x = +20$ et $y = -19{,}5$
pente de la droite **c** : $= -1 / 0{,}271 = -3{,}69$
coordonnées calculées, de pr.mfm : $x = 14{,}04$ et $y = +2{,}43$
droite **c** : $y = -3{,}69x + 54{,}43$ longueur = 22,73mm

Il faut maintenant chercher (Surf.ell.) la surface de l'ellipse dont un demi-axe (b) serait égal à la moitié de hoi↔ei, soit 41,97mm, et l'autre demi-axe serait rendu égal à la valeur (a) du z de pii, soit 60mm. La surface est de : $\pi \times 41{,}97 \times 60 = 79{,}11$ cm$^2$.

En faisant intervenir **c** considéré comme égal à la moitié d'un troisième axe, un ellipsoïde peut avoir son volume calculé par : 4/3 Surf.ell. × **c** = 4/3 × 79,11 × 2,273 . Mais il ne faut retenir que la moitié de ce volume car la fosse cérébelleuse est limitée en haut, par la tente du cervelet (dont la représentation a été retenue ici comme étant la projection sagittale de ei↔hoi). Le volume approché, de la fosse cérébelleuse est de ½ V.ellipsoïde, soit 119,86 cm$^3$.

Le tableau montre la forte croissance de ce volume : de 7 cm$^3$ chez le fœtus de 5 mois, il en vaut 30 à la naissance, 60 à 2 ans, 90 à 8 ans, et pratiquement 120 chez l'adulte.

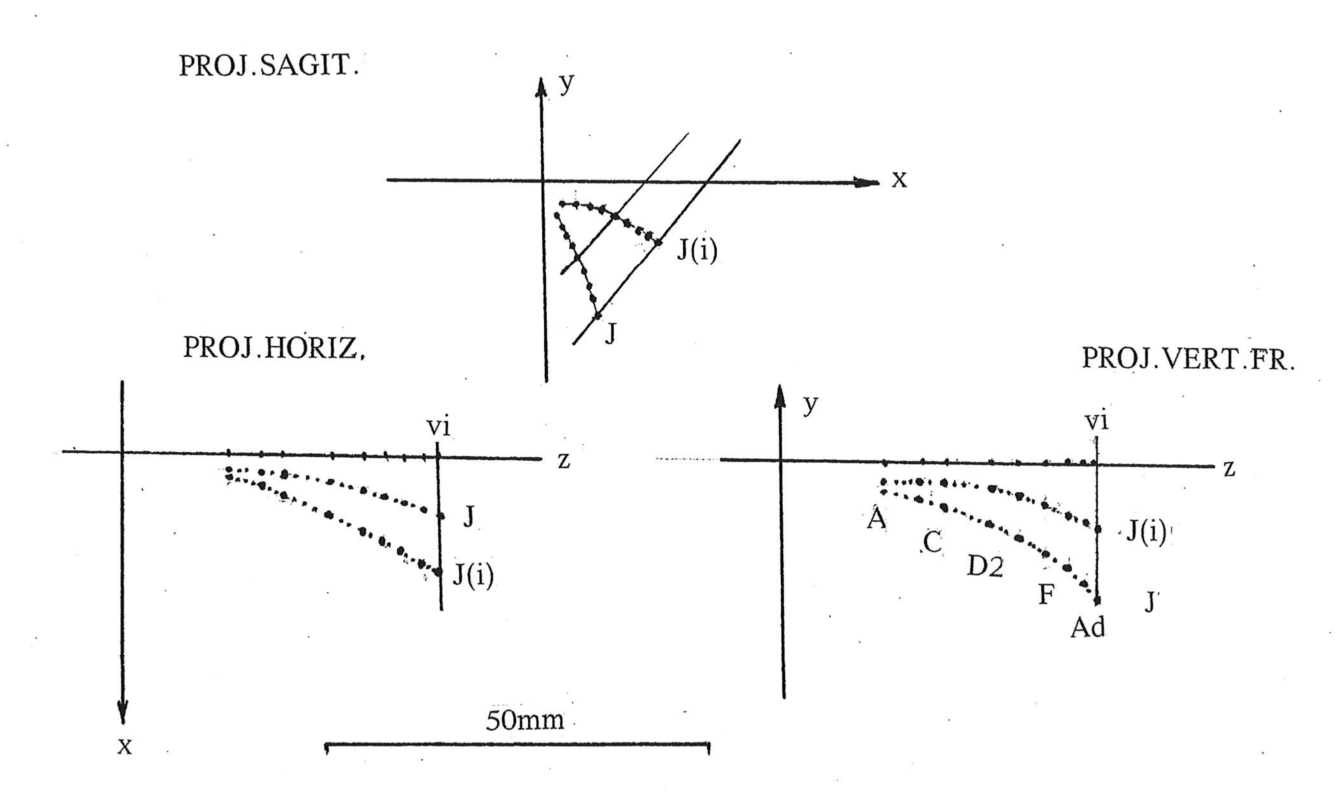
| | | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| z de pii | (a) | 25 | 32 | 39 | 43 | 50 | 54 | 57 | 59 | 60 |
| hoi | x | -7 | -9 | -9,5 | -10,5 | -11 | -11,5 | -13 | -14 | -17 |
| | y | -1 | 0 | +1 | +0,5 | 0 | -0,5 | -1 | -2 | -6 |
| ei | x | 24 | 34 | 41 | 48 | 55 | 56 | 57 | 58 | 64 |
| | y | 13 | 17,5 | 21 | 23 | 22 | 22 | 21 | 20 | 16 |
| hoi⇔ei | | 34,01 | 46,42 | 54,32 | 62,68 | 69,57 | 71,15 | 73,38 | 75,29 | 83,93 |
| ½(hoi⇔ei) | (b) | 17,00 | 23,21 | 27,16 | 31,34 | 34,78 | 35,58 | 36,69 | 37,64 | 41,97 |
| mfm | x | 7,7 | 10,2 | 12,0 | 14,0 | 15,5 | 17,0 | 18,0 | 19,0 | 20,0 |
| | y | -3,2 | -4,2 | -5,5 | -6,7 | -9,0 | -11,0 | -12,5 | -14,5 | -19,5 |
| pr.mfm | x | 4,38 | 6,00 | 6,86 | 8,43 | 10,15 | 11,0 | 11,92 | 12,69 | 14,04 |
| | y | 4,14 | 6,11 | 7,48 | 7,78 | 7,05 | 7,00 | 6,83 | 6,15 | 2,43 |
| mfm⇔pr.mfm | (c) | 8,05 | 11,13 | 13,96 | 15,51 | 16,92 | 18,97 | 20,27 | 21,60 | 22,73 |
| Surf.ell. | | 13,35 | 23,33 | 33,28 | 42,34 | 54,63 | 60,36 | 65,70 | 69,77 | 79,11 |
| ½V.ellipsoïde | | 7,17 | 17,31 | 30,97 | 43,79 | 61,61 | 76,35 | 88,77 | 100,46 | 119,86 |
| Vol.cran.tot. | | 120 | 301 | 446 | 700 | 995 | 1159 | 1268 | 1290 | 1388 |
| ½V.ell./V.cr.t.(en%) | | 5,90 | 5,75 | 6,94 | 6,25 | 6,19 | 6,59 | 7,0 | 7,79 | 8,63 |

(paramètres linéaires en mm, Surfaces en cm², Volumes en cm³)

En comparant ce volume cérébelleux au volume total du crâne (Vol.cran.tot.), obtenu par cubage, aux mêmes âges que ceux étudiés ici, on voit que la fosse, systématisée comme cela vient d'être fait, vaut environ 6% du total, jusqu'à 10 ans, pour terminer à presque 9% chez l'adulte. (donc, multiplication volumétrique par 17).

Durant ce même temps, sa "profondeur" a été multipliée par 3, et sa surface "tentoriale" par 6.

FACETTE JUGULAIRE



LE BLOC BASILAIRE

Il faut entendre par là la section médiane de l'ensemble du corps sphénoïdal soudé à celui de l'occipital. Il se présente sous la forme d'un angle ouvert en avant. Il possède un bord inférieur, exocranien, matérialisé par le segment pb↔ba (déjà étudié) et un bord supérieur, endocranien, que l'on systématise par une droite (le clivus) qui en figure la direction générale; elle ne passe pas forcément par le basion (mais plutôt un peu au-dessus de lui) et ne tient pas compte des apophyses clinoïdes postérieures.

Entre ces deux bords existe un "bec basilaire" dont la forme et la position doivent être précisées par la connaissance de paramètres angulaires entre lesquels existent des relations géométriques.

La droite ptérygo-maxillaire fait, avec le bord basilaire inférieur (pb↔ba), l'angle $\mu$ (déjà connu), et avec la verticale vestibulaire, un angle basilo-vestibulaire (@BV). La figure montre que $\gamma$ est le troisième angle, commun au triangle précédent et à un autre triangle, défini par la droite ptérygo-maxillaire (de pente 70°) et les 2 axes vestibulaires.

L'angle @BV peut donc être calculé. De plus, lorsqu'on mesure la pente (@cl/V) du clivus, on peut connaître aussi, par son complément, l'angle $\omega$ faisant intervenir une parallèle au clivus.

Autour du point d'intersection de pb↔ba avec la verticale, et du côté antérieur de celle-ci, il y a donc 3 angles; leur somme est de 180°. On peut alors calculer la valeur angulaire (@ Bb) du "bec basilaire".

Durant l'ontogénèse : $\mu$ ↘ de 16° — donc @BV ↗ de 16°
@cl/V ↗ de 9° — donc son complément $\omega$ ↘ de 9°
et — @Bb ↘ de 7°

Les diminutions (9 + 7) compensent les augmentations (16) puisque la somme des 3 angles doit rester à 180°.

En conclusion, l'ensemble du bloc basilaire tourne pendant l'ontogénèse, mais en "s'aplatissant" de 6°, ce qui n'empêche pas les 31 ° qui restent de se faire coloniser plus ou moins partiellement par le sinus sphénoïdal.

# LE TROU OCCIPITAL

Sa position et son orientation vestibulaire (angle "foraminien" for/V) ont été étudiées dans le chapitre traitant de la base du crâne. Il nous a semblé intéressant de savoir maintenant quelle était l'évolution ontogénique de sa surface (S.tr.oc.). On assimilera le trou occipital (*foramen magnum*) à une ellipse dont le grand axe est le segment ba⇔op, et dont le petit axe est sa largeur maximale. Cette dernière est prise comme étant le double de la valeur du z d'un point "occipital latéral" (ol), non cité en tête d'ouvrage. Sa projection sagittale est estimée être confondue avec celle du point milieu du foramen (mfm), dont les coordonnées x et y ont été proposées avec l'étude des trous de la base du crâne. Il suffit donc d'y joindre maintenant la valeur z de ol (cf.tableau).

La surface à calculer est Πab , a et b étant les 2 demi-axes, c'est à dire : ½ (ba⇔op) et z de ol. Elle est pratiquement de 1cm² au stade A; elle arrive à 7cm² à 4 ans et n'augmente que peu par la suite, pour atteindre 8,2cm² chez l'adulte. Cette augmentation de surface ne suit pas celle (S.tent.) de la limite supérieure, "tentoriale", de la loge cérébelleuse (cf. précédemment). En effet, si l'on effectue la comparaison par un "indice", on voit que le trou occipital vaut 7% de la surface cérébelleuse supérieure, au stade A, puis augmente chez le jeune enfant jusqu'à 12%, et redescend à 10% chez l'adulte.

Rappelons aussi les rapports angulaires du trou occipital, avec les labyrinthes, en **projection horizontale**. Un angle de 90° est trouvé entre les droites partant du vestibion interne (vi) et se rendant au centre du trou occipital (mfm) et à celui du crible ethmoïdal (crm).

Par ailleurs, et toujours en **projection horizontale**, la perpendiculaire au canal semi-circulaire postérieur, menée à partir de vi, fait avec l'axe transverse (de Perez), un angle de 45°. Elle sectionne le plan sagittal à l'endroit où se projette l'opisthion (op). Là encore, existe un angle de 45° entre cette perpendiculaire et le plan sagittal.

| | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ½(ba⇔op) | 0,62 | 0,93 | 1,16 | 1,35 | 1,48 | 1,63 | 1,73 | 1,74 | 1,74 |
| z de ol | 0,5 | 0,7 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,5 |
| S.tr.oc. | 0,97 | 2,04 | 3,64 | 5,09 | 6,51 | 7,17 | 7,61 | 8,19 | 8,20 |
| S. tent. | 13,35 | 23,33 | 33,28 | 42,34 | 54,63 | 60,36 | 65,70 | 69,77 | 79,11 |
| % t.oc./tent. | 7,8 | 8,7 | 10,9 | 12,0 | 11,9 | 11,9 | 11,7 | 11,6 | 10,4 |

( paramètres linéaires en cm, et surfaces en cm² )

# LA VOÛTE CRANIENNE

## PROPORTIONS VESTIBULAIRES

Dans les autres chapitres, de nombreuses **distances** ont été calculées, ce qui permet d'en connaître la croissance. Bien d'autres encore pourraient l'être. Présentement, nous nous limiterons aux principales dimensions neurocraniennes, prises en fonction des axes vestibulaires d'orientation, à quoi on ajoutera celles intervenant dans le calcul des indices classiques.

## RAPPORTS VESTIBULAIRES

Les tangentes menées en avant, en arrière, en haut du crâne et latéralement à lui, parallèlement aux plans de référence, déterminent des points déjà nommés : ant, post, vx et eu. La valeur absolue des x des 2 premiers, de l'y du troisième et du z du quatrième est un bon indicateur de l'étendue : antérieure (ant.V), postérieure (post.V) du crâne, de la hauteur (haut.V) et de la largeur (lar.) de sa voûte, dans le référentiel "vestibulaire". Notez que la hauteur n'intéresse ici que le crâne sus-vestibulaire, et que la largeur est considérée unilatéralement.

La figure jointe, légèrement "lissée" pour les stades pré-nataux, apporte l'ontogénèse de ces 4 éléments. Afin d'expliciter la croissance de l'une des dimensions relativement aux autres, des **rapports** ont été calculés, les comparant deux à deux.

- ant.V / post.V

Le crâne pré-vestibulaire possède une longueur maximale toujours plus forte que celle du crâne rétro-vestibulaire, mais le rapport va en diminuant légèrement ( de 1,63 à 1,43), surtout à partir du stade E, d'où un certain "rattrapage" postérieur.

- ant.V / lar.

La longueur pré-vestibulaire est constamment plus grande que la largeur cranienne (unilatérale), mais le rapport augmente à partir de E et, chez l'adulte, le crâne antérieur vaut une fois et demie la largeur maximale (unilatérale), ce qui est observable sur des projections horizontales.

- ant.V / haut.V

La hauteur domine toujours la longueur pré-vestibulaire, d'abord d'environ 10% jusqu'en E, puis la différence s'amenuise, et l'égalisation des valeurs s'observe chez l'adulte, après plafonnement de la hauteur à un niveau quasi-constant.

- haut.V / post.V

La hauteur est toujours nettement plus forte que le crâne rétro-vestibulaire, mais le rapport diminue, surtout après le stade E, car l'accroissement en hauteur finit par s'annuler et seule la croissance rétro-vestibulaire s'exprime.

- haut.V / lar.

Dans le sens vertico-transverse, les faits sont moins nets, avec une augmentation suivie d'une diminution du rapport, malgré une dominance constante de la hauteur. Celle-ci vaut finalement chez l'adulte, une fois et demie la largeur (unilatérale).

- post.V / lar

La largeur (unilatérale) d'abord très légèrement supérieure au crâne post-vestibulaire, lui devient un peu inférieure à partir de E.

En somme, il semble que la croissance du neurocrâne subisse, vers l'âge de 4 ans, un changement, avec ralentissement de croissance de la largeur et du crâne postérieur, mais surtout de la hauteur cranienne.

INDICES CLASSIQUES

Ils font intervenir : la longueur (*L*) gl⇔opc, la largeur (*l*) bi-euryale 2 z eu , et la hauteur (*h*) ba⇔br. Les points gl, br et opc sont d'un repérage assez problématique, surtout dans les premiers stades (absence de sinus frontal, présence de la fontanelle bregmatique...); il faut en tenir compte lors de l'appréciation des résultats ontogéniques, lesquels manquent alors de précision.

On peut cependant estimer ce qui suit :

- indice largeur / longueur : dans notre série, il part de 92, puis diminue pour terminer à 78.
- indice hauteur / longueur : après une période d'instabilité, il diminue. Partant de 76, il termine à 70. Comme pour le précédent indice, la diminution est liée à une croissance dominante de la longueur.
- indice hauteur / largeur : il augmente un peu puis diminue de façon assez irrégulière pour atteindre une valeur de 89.

DIRECTIONS ORTHOGONALES

Parmi celles remarquées par les anciens auteurs, rappelons la construction de Klaatsch, selon laquelle le quadrilatère gl-br-L-ba serait (**chez l'adulte**) un losange parfait, avec égalité des 4 côtés, égalité des angles opposés et perpendicularité des 2 axes (inégaux!) dont le point de rencontre (ZK) avait été nommé Z par Klaatsch (d'où l'appellation retenue par nous). Placé dans un référentiel orthogonal, le losange devrait avoir ses côtés parallèles 2 à 2.

Reprenant l'idée de cette construction, nous avons tenté de l'appliquer non seulement à l'adulte, mais aussi à notre série ontogénique, et avons obtenu des résultats un peu différénts.

En effet, chez l'adulte (qui sera d'abord analysé), il existe non pas un losange, mais 2 triangles isocèles ayant une base commune (br⇔ba). Le triangle postérieur, avec ses deux côtés égaux à 111 mm, est plus grand que le triangle antérieur où les deux côtés sont de 105 mm. Cela n'empèche nullement les 2 axes d'être perpendiculaires entre eux, au point ZK qui partage br⇔ba en 2 segments de 63 mm. Mais la "hauteur" ZK⇔L du triangle postérieur, de 91 mm, est plus grande que celle, ZK⇔gl, du triangle antérieur, qui vaut 85 mm. Pour que la construction réponde strictement aux normes de Klaatsch, il manque 6 mm de grand axe, en avant de la glabelle (en un point théorique, cerclé sur la figure).

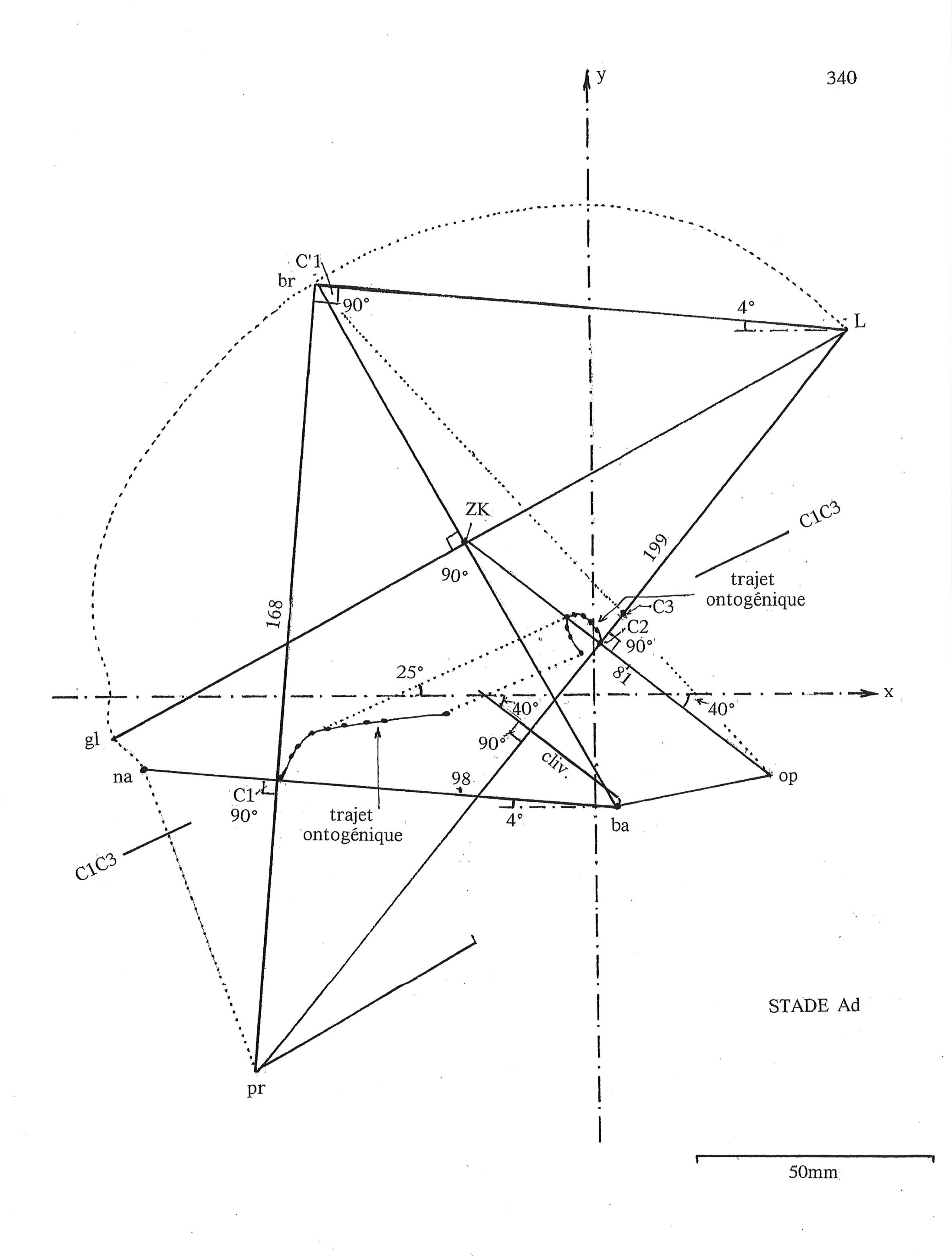
Mais il faut se poser la question de savoir si la glabelle ne pourrait avantageusement être remplacée par le nasion, dont la définition est plus commode? En effet, la distance na⇔br vaut aussi 111 mm, comme les 2 côtés du triangle postérieur! On pourrait donc concevoir aussi la construction d'un autre triangle isocèle : na-br-L, mais sa base na⇔L ne couperait plus br⇔ba en son milieu, mais en un point (K') situé plus bas. L'angle (ouvert en avant) n'y est plus de 90° mais de 94°.

En fait, chacun des 2 points (ZK et K') présente un intérêt.

**Point ZK**

Rappelons d'abord que ce qu'on a nommé (dans d'autres chapitres) point médio-frontal (mf) est l'intersection de la table externe du frontal avec la bissectrice de l'angle br/ZK/gl. Ensuite, Klaatsch admet que le segment ZK⇔pr est parallèle aux 2 côtés br⇔gl et L⇔ba de son losange , ce qui n'est pas tout à fait réalisé dans le cas de l'adulte "moyen" étudié ici. Nous avons calculé les "pentes" des droites qui interviennent, et avons trouvé : 66° pour gl⇔br et 64° pour ba⇔L, alors que celle de ZK⇔pr est de 69°.

Si l'on joint ZK à l'opisthion (op), l'intersection (point C2) avec pr⇔L détermine un


y
x
C'1
br
90°
4°
L
ZK
90°
168
199
C1C3
trajet
ontogénique
C3
C2
90°
25°
81
40°
40°
90°
cliv.
gl
na
98
op
C1
90°
trajet
ontogénique
4°
ba
C1C3
pr
STADE Ad
50mm

| | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ant.V. | 44 | 56 | 68 | 80 | 89 | 95 | 98 | 102 | 106 |
| post.V. | 27 | 35 | 44 | 53 | 60 | 65 | 67 | 71 | 74 |
| haut.V. | 46 | 63 | 75 | 87 | 98 | 104 | 105 | 106 | 106 |
| lar.(uni-lat) | 32 | 40 | 48 | 56 | 61 | 64 | 66 | 68,5 | 71 |
| ant.V/post.V | 1,63 | 1,60 | 1,54 | 1,51 | 1,48 | 1,46 | 1,46 | 1,44 | 1,43 |
| ant.V / lar. | 1,37 | 1,40 | 1,42 | 1,43 | 1,48 | 1,48 | 1,48 | 1,49 | 1,49 |
| ant.V/haut.V | 0,95 | 0,90 | 0,90 | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 0,94 | 0,96 | 1 |
| haut.V/post.V | 1,70 | 1,80 | 1,70 | 1,64 | 1,63 | 1,60 | 1,56 | 1,49 | 1,43 |
| haut.V / lar. | 1,43 | 1,57 | 1,56 | 1,55 | 1,63 | 1,62 | 1,59 | 1,54 | 1,49 |
| lar. / post.V | 1,18 | 1,14 | 1,09 | 1,05 | 1,01 | 1,01 | 1,01 | 1,03 | 1,04 |
| gl⇔opc = *L* | 69,0 | 100,9 | 110,0 | 127,1 | 143,9 | 155,1 | 161,1 | 165,6 | 181,3 |
| br⇔ba = *h* | 52,6 | 75,3 | 82,4 | 95,6 | 109,1 | 115,6 | 118,2 | 121,3, | 127,1 |
| bi-eu = *l* | 64 | 80 | 96 | 112 | 122 | 128 | 132 | 137 | 142 |
| ind. *l* / *L* | 92,8 | 87,2 | 83,6 | 86,5 | 84,8 | 81,2 | 81,9 | 82,7 | 78,3 |
| ind. *h* / *L* | 76,2 | 74,6 | 74,9 | 75,2 | 75,8 | 74,5 | 73,4 | 73,2 | 70,1 |
| ind. *h* / *l* | 89,2 | 85,6 | 89,6 | 86,9 | 89,4 | 91,7 | 89,6 | 88,6 | 89,5 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ba⇔L | 44 | 65 | 75 | 84 | 96 | 103 | 106 | 108 | 111 |
| br⇔L | 50 | 73 | 81 | 92 | 101 | 103 | 106 | 108 | 111 |
| gl⇔br | 38 | 55 | 59 | 70 | 80 | 88 | 92 | 98 | 105 |
| gl⇔ba | 42 | 60 | 62 | 70 | 80 | 88 | 92 | 98 | 105 |
| gl⇔L | 71 | 100 | 110 | 128 | 142 | 152 | 160 | 162 | 176 |
| ½ (ba⇔br) | (26) | (38) | (41) | 47 | 54 | 57 | 59 | 61 | 63 |
| ZK x | -13 | -20 | -21 | -24 | -26 | -27 | -29 | -28 | -27 |
| y | 15 | 22 | 23 | 26 | 31 | 34 | 35 | 34 | 33 |
| @ ZK | 80 | 85 | 88 | 89 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| na⇔br | 43 | 58 | 62 | 73 | 82 | 98 | 101 | 105 | 111 |
| na⇔ba | 38 | 53 | 57 | 65 | 75 | 79 | 85 | 90 | 98 |
| pr⇔br | 59 | 83 | 89 | 105 | 126 | 139 | 150 | 153,4 | 168,4 |
| C1 x | -29,7 | -44,1 | -47,7 | -52,0 | -57,4 | -60,4 | -62,9 | -64,2 | -64,6 |
| y | -4,2 | -4,6 | -4,7 | -5,2 | -7,3 | -7,9 | -12,2 | -12,8 | -18,1 |
| @ C1 | 94 | 94 | 93 | 93 | 92 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| pr⇔L | 76,4 | 109,6 | 121,7 | 138,1 | 158,0 | 169,6 | 181,6 | 185,4 | 198,8 |
| op⇔ZK | 30,9 | 45,3 | 50,6 | 58,7 | 67,1 | 73,2 | 77,7 | 78,2 | 80,6 |
| C2 x | -1,8 | -5,3 | -6,4 | -5,8 | -4,2 | -3,1 | -1,3 | -1 | +1,2 |
| y | 8,3 | 13,3 | 14,7 | 15,7 | 16,6 | 17,3 | 15,9 | 15,7 | 11,4 |
| @ C2 | 78,2 | 77,4 | 77,3 | 77,9 | 82,3 | 85,0 | 85,2 | 85,6 | 90 |
| @ C'1 | 87,6 | 89,7 | 91,3 | 88,8 | 87,0 | 87,1 | 88,3 | 88,9 | 90 |

(unités: mm, degré, et point d'indice)

angle droit. Rappelons encore qu'il a été montré, dans un autre chapitre, que pr⇔L était également perpendiculaire au clivus ; d'où l'on déduit que celui-ci doit être ( au moins chez l'adulte) parallèle à ZK⇔op. Il faut aussi constater que le point ZK se trouve sur la droite pr⇔ac puisque les "pentes" vestibulaires de ZK⇔pr et de ac⇔pr sont identiques (69,4°). C'est une remarque importante lorsqu'il s'agit de situer l'un des principaux repères de la voûte cranienne.

| | A | B | C | D1 | D2 | E | F | G | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| K' x | -11,0 | -17,8 | -20,4 | -22,3 | -23,2 | -24,6 | -24,2 | -24,5 | -24,5 |
| y | 12,4 | 19,7 | 20,9 | 24,5 | 27,5 | 30,2 | 28,8 | 29,6 | 28,4 |
| @ K' | 87,1 | 87,9 | 89,4 | 90,6 | 92,4 | 93,0 | 94,2 | 93,9 | 94,4 |
| im x | -27,8 | -41,5 | -44,8 | -48,5 | -53,3 | -58,3 | -61,0 | -63,8 | -65,5 |
| y | -22,0 | -28,0 | -31,8 | -38,0 | -48,0 | -58,0 | -68,0 | -71,0 | -84,0 |
| gl⇔br / V | 73,2 | 74,0 | 78,1 | 77,6 | 75,9 | 71,8 | 69,0 | 68,5 | 66,3 |
| L⇔ba / V | 63,1 | 64,0 | 64,1 | 63,3 | 62,4 | 63,2 | 62,8 | 63,4 | 63,7 |
| gl⇔L / V | 28,4 | 29,6 | 31,9 | 31,7 | 30,9 | 29,9 | 28,8 | 29,1 | 29,6 |
| br⇔ba / V | -53,9 | -54,7 | -54,4 | -56,3 | -58,5 | -59,9 | -60,6 | -60,9 | -60 |
| L⇔na / V | 33,2 | 33,2 | 34,9 | 34,3 | 33,9 | 33,2 | 33,6 | 33,0 | 34 |
| br⇔na / V | 80,3 | 78,3 | 81,7 | 80,7 | 78,9 | 75,9 | 74,6 | 73,1 | 70 |
| K'⇔im / V | 63,9 | 63,6 | 65,1 | 67,2 | 68,3 | 69,1 | 69,2 | 68,7 | 70 |
| na⇔ba / V | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 |

(unités : mm et degré)

**Point K'**

Lorsqu'on le joint au point incisif médian (im : entre les incisives centrales supérieure et inférieure, daans le plan d'occlusion), la pente vestibulaire de la droite obtenue est de 70°, égale à celle de br⇔na, d'où parallélisme.

Il a aussi été dit (Falkenburger) que na⇔ba sectionnait pr⇔br en un point C1 selon un angle droit. Si l'on trace br⇔L, on retrouve avec br⇔pr un autre angle droit (C'1), d'où parallélisme de br⇔L non pas avec gl⇔ba (comme le voudrait le schéma de Klaatsch) mais avec na⇔ba.

AUTRES CONSTATATIONS

Des recherches ont été menées sur la pente vestibulaire de certaines autres directions

- Comparaison : S⇔ba et ZK⇔op. Le remplacement du clivus par S⇔ba n'est pas satisfaisant dans la comparaison avec ZK⇔op, la pente de S⇔ba est un pei trop faible.
- Comparaisons avec br⇔S : La pente de cette droite est de 73°, comme celle de ac⇔op. Ces deux droites sont parallèle. Si l'on considère maintenant la pente de na⇔pr (~70°), elle est "presque" égale aux deux précédentes. Ajoutons que, d'un point de vue ontogénique, la constance de ac⇔op /V , avec ses 73°, est remarquable.
- Comparaison : gl⇔L et pr⇔op. Leur pente vestibulaire est de 30°, d'où parallélisme. Le plan de la vision, de Broca, leur est également parallèle.

ONTOGÉNÈSE

Les études qui viennent d'être exposées chez l'adulte, ont aussi été effectuées à tous les stades de la croissance, à partir du fœtus de 5 mois (cf. tableaux), afin de savoir si une valeur angulaire observée chez l'adulte était constante durant la croissance, ou si elle était le résultat d'une évolution aboutissant à ce que l'on peut considérer, le plus souvent, comme un état "d'équilibre morphologique".

y

ac

50mm

br

L

op

x

top

gl

om

A

C

D2

F

Ad

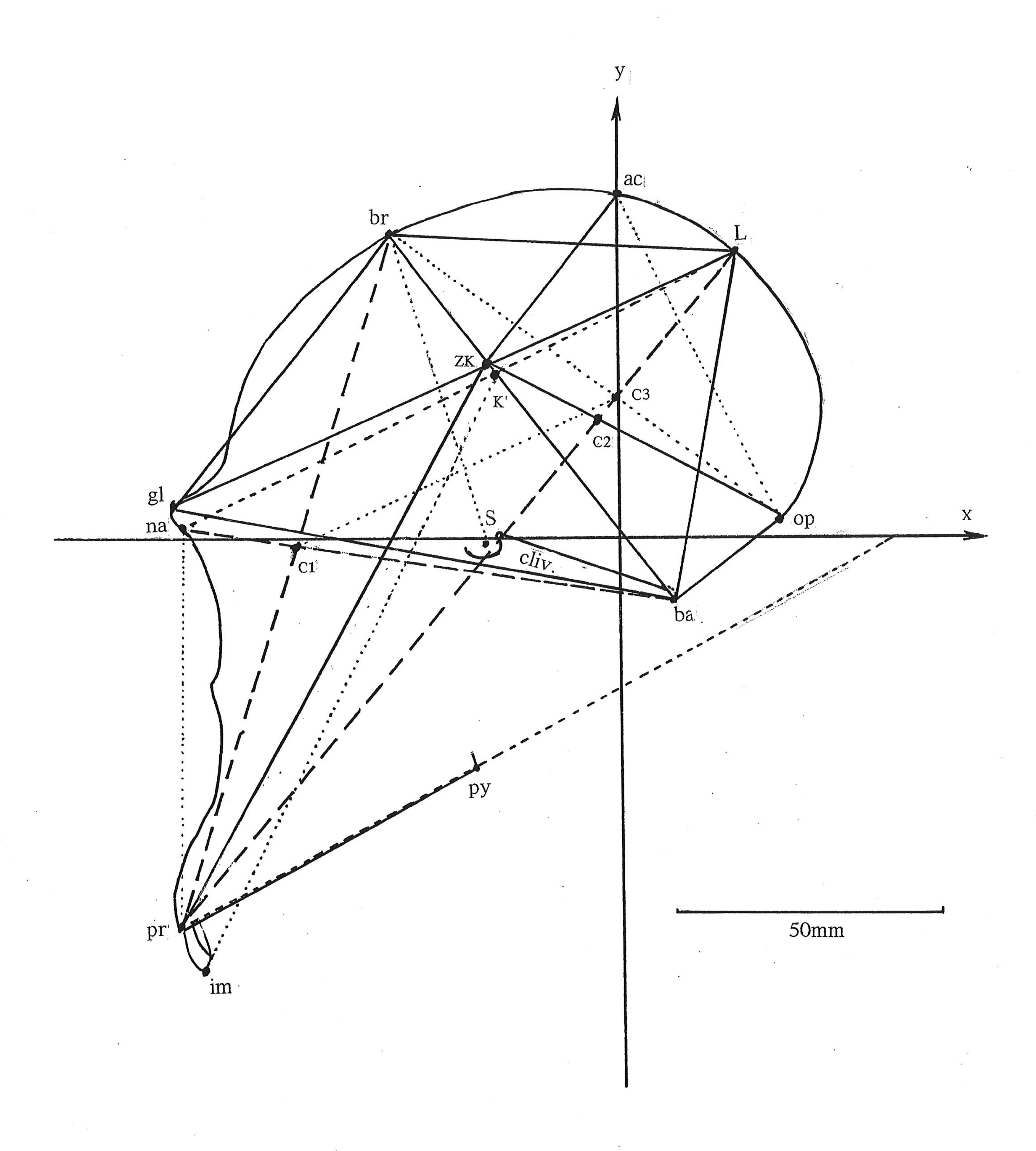
pl.de Broca

S

op

pr

ONTOGÉNÈSE




*Pan paniscus*

*Ad.* ♂

62 Pankow G. - 1951. Le rapport entre l'inclinaison de la base du crâne et le retard de la maturation constitutionnelle chez l'Homme. Ann. Méd. de France. LII, 8, 820.
63 Papernot G. et Fenart R. - 1978. Essai sur les surfaces des secteurs angulaires sagittaux cranio-faciaux, en orientation vestibulaire. L'Orthod. frse. 49, 577-583.
64 Ruef A. - 1978. Introduction à l'étude des surfaces sagittales du profil neurocranien en orientation vestibulaire. Th. Dr. Méd. Lille.
65 Wangermez J. - 1965. Courbes de croissance de certaines régions du squelette, en relation avec la station bipède. Bull. et Mém. Soc. Anthrop. Paris. 7, XI, 467-486.

ISBN 2-9526511-0-8 - EAN 9782952651103
Imprimerie Reproflash, Lille